



EESTI MAAÜLIKOOL  
Metsandus- ja maaehitusinstituut

**Hendrik Sei**

**KÕRGUSKASV NING OKKA- JA VÕRSEHAIGUSTE  
HINNANG HARILIKU MÄNNI (*PINUS SYLVESTRIS* L.)  
JÄRGLASKATSEALADEL**

HEIGHT GROWTH AND ASSESSMENT OF NEEDLE AND  
SHOOT DISEASES IN SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.)  
PROGENY TRIALS

Magistritöö

Metsatööstuse õppekava

Juhendajad

dotsent Rein Drenkhan, *PhD*  
teadur Tiit Maaten, *MSc*

**Tartu 2017**

Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Hendrik Sei		Õppekava: Metsatööstus	
Pealkiri: KÕRGUSKASV NING OKKA- JA VÕRSEHAIGUSTE HINNANG HARILIKU MÄNNI ( <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L.) JÄRGLASKATSEALADEL			
Lehekülgi: 71	Jooniseid: 12	Tabeleid: 3	Lisasid: 3
Osakond:	Metsakasvatuse osakond		
Uurimisvaldkond:	Metsapatoloogia ja -selektatsioon		
Juhendajad:	dotsent Rein Drenkhan, <i>PhD</i> ; teadur Tiit Maaten, <i>MSc</i>		
Kaitsmiskoht ja aasta:	Tartu, 2017		
<p>Käesolevas uurimustöös hinnati RMK hariliku männi (<i>Pinus sylvestris</i> L.) selektsiooniprogrammi neljale katsealale (Nohipalu, Tarumaa, Pärnassaare, Mändjala) 2012. ja 2013. aastal istutatud järglastaimede kõrguskasve, okastiku püsivust ja haiguskindlust. Katseid leida resistentseid puid seenhaiguste vastu ei ole tänaseni saatnud oluline edu, kuid just resistentsemate puutaimede selektsioon metsaselektsiooni programmides võib vähendada tulevase kultiveerimismaterjali vastuvõtlikkust mõningatele haiguse tekitajatele. Uurimustöös vaatluse all olevate kõrguskasvude keskmiste võrdlemisel ilmes katsealade mõjust tingitud oluline (<math>p&lt;0,05</math>) muster – parimate kõrguskasvude keskmistega järglastaimed olid just Nohipalo katsealal, samas antud katsealal oli madalaim keskmine okastiku püsivus. Parima keskmise okastiku püsivusega katsealad olid 2012. aasta istutusel Tarumaa ja 2013. aasta istutusel Pärnassaare. Järglaskondade kõrguskasvude omavahelisel võrdlemisel esines olulisi (<math>p&lt;0,05</math>) erinevusi, mis viitavad plusspuude järglaste paremale kõrguskasvule võrreldes kontrolltaimedega. Näiteks, 2012. aasta istutusel oli kõrgeim järglaskond T20 oluliselt erinev istutatud nulltaimedest 0 ja 02 (<math>p&lt;0,05</math>), ent 2013. aasta istutusel aga kõrgeimaks kasvanud järglaskondade RV48 ja RV38 olulist erinevust nulltaimedest tõestada ei suudetud (<math>p&gt;0,05</math>). Erinevate järglaskondade omavaheliste okastiku püsivuste võrdluste tulemused kujunesid marginaalseteks. Hinnates katseala mõju okkahaigustele, tuli esile katseala oluline (<math>p&lt;0,05</math>) mõju enamuste haigustekitajate puhul. Näiteks okkahaiguste nagu männi-pudetõbi ja punavöötaud teise aasta okastel puhul võeti uurimuse käigus vastu sisukas hüpotees, ehk antud haigustekitajate esinemine järglastaimedel sõltus oluliselt (<math>p&lt;0,05</math>) katseala asukohast. Uurimustööst selgus ka okka- ja võrsehaigusete mõju järglastaimede kõrguskasvule ja okastiku püsivusele. Männi-pudetõve puhul kujunes haigustekitaja mõju statistiliselt oluliseks nii 2012. kui ka 2013. aastal istutatud järglastaimede kõrguskasvudele. Emapuu mõju kujunes oluliseks (<math>p&lt;0,05</math>) okkahaiguste levikul vaid männipudetõve puhul, teiste okkahaiguste puhul emapuu mõju oluliseks ei osutunud (<math>p&gt;0,05</math>).</p>			

Kliima muutuste taustal on oluline hinnata okka- ja võrsehaiguste mõju järglastaimedele, ka nende patogeenide, kes siiani on suure tähelepanuta jäänud - on hinnatud, et juba valitsevate patogeenide epideemiad sagenevad. Katsealade hindamine tulevikus paralleelselt plusspuude järglaste mõõtmistega on suure tähtsusega. On tõenäoline, et sellised ülevaatlised hinnangud võimaldavad eristada kiiremini kasvavaid ja võimalik, et ka haigustele resistentsemaid järglastaimi juba noores eas, mis lihtsustaks ka edasist selektsiooni ja lõplike otsuste langetamist programmi lõppedes.

Märksõnad: metsaselektsioon, plusspuude järglased, haiguste resistentsus, punavöötaud (*Dothistroma septosporum*), männi-pudetõbi (*Lophodermium seeditiosum*)

Estonian University of Life Sciences		Abstract of Master's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Hendrik Sei		Speciality: Forestry	
Title: HEIGHT GROWTH AND ASSESSMENT OF NEEDLE AND SHOOT DISEASES IN SCOTS PINE ( <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L.) PROGENY TRIALS			
Pages: 71	Figures: 12	Tables: 3	Appendixes: 3
Department:	Silviculture		
Field of research:	Forest pathology and -selection		
Supervisors:	Rein Drenkhan, <i>PhD</i> ; Tiit Maaten, <i>MSc</i>		
Place and date:	Tartu, 2017		
<p>The aim of this thesis was to assess foliage retention, resistance to foliage diseases and height growth of trees in RMK Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) tree improvement programme four test areas, located in Nohipalo, Tarumaa, Pärnassaare and Mändjala. The gathered data was collected from trees planted in years 2012 and 2013. Attempts to achieve greater resistance to pathogens in Scots pine breeding programs have not been successful, but it is more resistant plants in the forest tree improvement programmes that can decrease pathogen susceptibility of forest reproductive material in the future. Assessing the differences in mean height growth between the plots a firm pattern came out influenced by the impact of the test site. Highest mean height growth in both years plantings was in Nohipalo, being reliably (<math>p&lt;0,05</math>) different from other locations. Nonetheless highest mean height growth did not grant highest foliage retention, altogether in Nohipalo lowest needle retention was observed in both year plantings. Highest mean foliage retention was observed in 2012 plantings in Tarumaa and in 2013 plantings in Pärnassaare test area. Also significant difference (<math>p&lt;0,05</math>) was found when comparing height growth of progeny plants to comparison-trees. For example, in year 2012 plantings the highest growing progenies of clone „T20“ were significantly (<math>p&lt;0,05</math>) different from comparison-trees „0“ and „02“, but differences in highest growing trees in 2013 plantings did not prove significant when compared to test-trees (<math>p&gt;0,05</math>). Needle retention comparisons between the descendants came out to be marginal and in often cases insignificant (<math>p&gt;0,05</math>). While assessing the impact of test areas to the spread of the pathogen, significant (<math>p&lt;0,05</math>) effect of the test area was found in majority of the cases. For example, assessing pathogens like <i>Lophodermium seditiosum</i> and <i>Dothistroma septosporum</i> on last year needles – meaningful hypothesis was accepted that the presence of pathogens on the progeny plants depended on the test area. Analysis also showed the impact of needle and shoot diseases to the height growth and foliage retention of progenies. For example, effect of the pathogen <i>Lophodermium seditiosum</i> was found statistically significant (<math>p&lt;0,05</math>) to the height growth of both year plantings.</p>			

Parent tree effect to the progenies was statistically significant to the spread of the disease only in case of *Lophodermium seditiosum*, while assessing other pathogens significant impact was not found ( $p>0,05$ ).

As a result of climate change so far overlooked pathogens may endanger Estonia and there is likelihood that already present pathogenic epidemics can occur more often. Considering that, it is strongly suggested that pathological assessments within test areas would continue with at least same interval as growth rates will be measured. It is likely that these kind of assessments will help future selection of faster growing- and more resistant trees.

Keywords: forest tree improvement, progenies of plus trees, resistance to diseases, red band needle blight (*Dothistroma septosporum*), Lophodermium needle cast (*Lophodermium seditiosum*)

# SISUKORD

<b>SISSEJUHATUS</b>	<b>7</b>
<b>1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE</b>	<b>10</b>
1.1 Harilik mänd ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)	10
1.2 Harilikul männil esinevad olulisemad okka- ja võrsehaigused	11
1.2.1 Punavöötaud	11
1.2.2 Männi-pudetõbi	12
1.2.3 <i>Diplodia sapinea</i>	12
1.2.4 Valgevöötaud	13
1.3 Okkahaigusi mõjutavad tegurid	14
1.4 Metsaselektatsioon	15
1.4.1 Metsaselektatsiooni ja -geneetika ajalugu	15
1.4.2 Metsaselektatsiooni põhimõtted	17
1.4.3 Metsaselektatsiooni vajalikkus ja regulatsioonid	18
1.4.4 Metsaselektatsiooni ohud	20
<b>2 MATERJAL JA METOODIKA</b>	<b>21</b>
2.1 Katsealad	21
2.2 Järglaskatsete rajamise metoodika	22
2.3 Patoloogilise hindamise metoodika	23
2.4 Andmetöötlus	26
2.5 Kloonide tähistused	26
<b>3 TULEMUSED</b>	<b>28</b>
3.1 Järglastaimede kõrguskasvude keskmised katsealade lõikes	28
3.2 Okastiku püsivuse keskmised katsealade lõikes	29
3.3 Kõrguskasvude võrdlus järglaskondade lõikes	32
3.3.1 2012. aastal istutatud järglaskondade kõrguskasvude võrdlus	32
3.3.2 2013. aastal istutatud järglaskondade kõrguskasvude võrdlus	33
3.4 Okastiku püsivus järglaskondade lõikes	35
3.4.1 2012. aastal istutatud järglaskondade okastiku püsivuse võrdlus	35
3.4.2 2013. aastal istutatud järglaskondade okastiku püsivuse võrdlus	36
3.5 Mõlema aasta istutuses esindatud järglaskondade kõrguskasvud	37
3.6 Katseala asukoha mõju okkahaiguste esinemisele	38
3.7 Okkahaiguste seos järglaskatse faktoritega	40
3.7.1 2012. aastal istutatud järglaskondade okkahaiguste seos järglaskatse faktoritega	40
3.7.2 2013. aastal istutatud järglaskondade okkahaiguste esinemise seos järglaskatse faktoritega	41
<b>4 ARUTELU JA JÄRELDUSED</b>	<b>44</b>
<b>KOKKUVÕTE</b>	<b>50</b>
<b>KASUTATUD KIRJANDUS</b>	<b>52</b>
<b>LISAD</b>	<b>63</b>
Lisa 1. 2012. ja 2013. aastal istutatud kloonide järglaste andmestik (Maaten <i>et al.</i> 2016)	64
Lisa 2. Katsealadele lähimate ranniku- ja meteoroloogiajaamade kliimanäitajad kuudel Mai-August (EMHI kliimakaardid 2017)	66
Lisa 3. Männi katsealade asendiskeemid 2016 aasta lõpus	67

## SISSEJUHATUS

Lõputöö koostamisel kasutati RMK hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) selektsiooniprogrammi raames rajatud katsealasid, mis asuvad neljas Eesti eri paigas: Nohipalo katseala asub Põlva maakonnas Veriora vallas, Tarumaa katseala Ida-Viru maakonnas Lüganuse vallas, Pärnassaare katseala Pärnumaal Saarde vallas ja Mändjala katseala Saare maakonnas Lääne-Saare vallas. Aastal 2011 alustatud RMK hariliku männi selektsiooniprogrammi katse rajamise eesmärk on järgida Euroopa Nõukogu direktiivi 1999/105/EÜ „Metsapaljundusmaterjali turustamine“ ja Eesti keskkonnaministri 12.07.2016 jõustunud määrust nr. 20 „Metsa uuendamisel kasutada lubatud kultiveerimismaterjali algmaterjali päritolu, kultiveerimismaterjali tarnimise ja turustamise nõuded“ ning programmi tulemusel jõuda kategooriasse „algallikas katsetatud“ kuuluva kultiveerimismaterjali tootmiseni Eestis (Maaten *et al.* 2016). Hetkel puudub Eestis kasutusolevast neljast kategooriast „algallikas katsetatud“, kuna veel ei ole metsapuude kloonide headust järglaskatsetega testitud (Metsanduse arengukava 2010).

Kuna maailma metsade pindala väheneb iga aastaselt ja samal ajal globaalselt inimeste hulk pidevalt kasvab, toob selline trend endaga kaasa puidu ja puidutoodete nõudluse pideva suurenemise. Kuna loodusliku uuenemisega suurenevat nõudlust täita ei suudeta (König 2005) ja tihtipeale ei sobi loodusliku uuenemisega tekkiv ja enamasti väheväärtusliku lehtpuuga uuenenud metsad metsaomanikule, tuleks metsi uuendada läbi metsakultiveerimise. Kui otsustatakse uuendusraiete kasuks, millele järgneb metsakultiveerimine, määratakse väljavalituks osutunud kultiveerimismaterjaliga uus metsapõlv ja siinkohal on tähtis arvestada ka geneetilist aspekti. Kuna metsakultiveerimiseks vaja minevat seemet saab varuda nii metsast, seemlast kui ka vajadusel sisse tuua teistest riikidest, tuleb kultiveerimismaterjali valikul hinnata tema geneetilist kasumlikkust. Väärtusliku kultiveerimismaterjali saamiseks ja tema geneetilise kasumlikkuse hindamiseks kasutatakse metsaselektsiooni, näiteks põhjamaades on viimastel kümnenditel intensiivselt tegeletud metsaselektsiooni arendamisega ja metsaselektsiooni efektiivsust (s.o. eelkõige puude kiirem kasv ja nende kvaliteet) on

tõestatud ulatuslikes katsekultuurides (Maaten, Kurm 2010).

Selektsiooniprogrammides ei hinnata ainult järglastaimede tunnuseid nagu kõrgus, rinnasdiameeter, okste diameeter, okslikkus ja tüve sirgus, vaid hinnatakse ka puude vastuvõtlikust või tolerantsust haigustele ja kliima muutustele. Alates 21. sajandi algusest on Eestisse jõudnud mitmeid uusi männi okastikku mõjutavaid haigusi, paljud neist on saabunud kliimamuutuste tagajärjel (Drenkhan 2011). Antud töös vaatluse all olevad okka- ja võrshaiguste tekitajad on kottseened, mis levivad nii suguta, kui ka sugulises arengujärgus olevate eostega. Kottseente eoste levik on kiire ja intensiivne ning nad on võimelised püsima eostena ebasoodsates tingimustes, kuniks leiavad idanemiseks sobilikud keskkonnatingimused. Selliste seenpatogeenide poolt põhjustatud okkahaigused kahjustavad puude okkaid, võrseid ja isegi seemneid (Puidet 2014). Okka- ja võrshaiguste all kannatavatele puudele mõjuv stress, liigne okkakadu ja nendega kaasnevad sekundaarsed kahjustused võivad puule kujuneda fataalseks ja metsaomanikule tekitada suurt majanduslikku kahju. Sellepärast on oluline uurida järglastaimede vastuvõtlikkust okka- ja võrshaigustele ning aru saada millised faktorid seda enim mõjutavad.

Neid aspekte arvesse võttes koguti uurimustöös kasutatud andmed välitööde käigus ajavahemikus 15. september – 27. november 2016 neljalt katsealalt nii 2012. kui ka 2013. aastal istutatud järglastaimedelt (Joonis 1). Kokku hinnati neljalt katsealalt 7020 järglastaime, 104-st katseblokist. Okkahaiguste hindamise aluseks oli katsealade jaoks koostatud okkahaiguste lühimääraja „Männi katsealade tervisliku seisundi hinnang ehk patoloogiline hinnang“ (Drenkhan 2014) ja haiguste tundmaõppimiseks kasutati lisaks „Perekond männi (*Pinus*) okkahaiguste tekitajate lühimääraja“ (Drenkhan, Adamson 2013).

Magistritöö koostamisel olid järgmised eesmärgid :

- 1) Uurida hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) plusspuude järglaskondade erinevusi kõrguskasvudes;
- 2) Uurida erinevusi järglaskondade okastiku püsivuses;



- 3) Uurida järglaskondade kõrguskasvu ja okastiku püsivuse vahelisi seoseid katsealati;
- 4) Uurida katseala asukoha mõju okkahaiguste esinemisele järglaskondadel
- 5) Uurida kas seenpatogeenide esinemine uuritud järglaskondadel on oluliselt mõjutatud kõrguskasvust, okaste püsivusest või emapuust.

Avaldan tänu oma juhendajatele dotsent Rein Drenkhanile ja teadur Tiit Maatenile, kes olid suureks abiks magistritöö koostamisel ja oma isale Endel Seile, kes abistas mind välitöödel. Samuti tänan professor Andres Kivistet, kes oli suureks abiks statistikaga seotud küsimuste lahendamisel.

# 1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Harilik mänd (*Pinus sylvestris* L.)

Harilik mänd (*Pinus sylvestris* L.) kuulub okaspuude (*Coniferopsida*) klassi, okaspuulaadsete (*Coniferales*) seltsi, männiliste (*Pinaceae*) sugukonda ning männi (*Pinus* L.) perekonda (Laas 1987). Rahvakeeles on harilikku mändi kutsutud ka *hong* või *pedajas* ning harilik mänd on Eesti enam kui sajast männiliigist ainuke looduslikult kasvav (Relve 2007). Harilik mänd on väga suure areaaliga, leviku põhjapiiriks on 70 kraadi põhjalaiust Looke – Norras ja lõunapiir jääb 40 põhjalaiuskraadi kohale. Läänest on areaali piiriks Kesk - Hispaania ja idapiiriks on Amuurimaa (Mátyás *et al.* 2003). Lisaks on harilik mänd väga visa puuliik, seal kus pinnas muutub muude puude jaoks talumatult kuivaks või vastupidi, liigmärjaks, suudab harilik mänd ainukese puuliigina metsi moodustada (Relve 2007). Männi enamusega puistuid on Eestis 707 119 hektarit, see on 33 % puistute kogupindalast (METS 2014). Harilik mänd on sirge tüvega, paksu korbaga, noores eas koonusja, hilisemalt keraja võraga igihaljas ühekojaline puuliik. Hariliku männi võrsed on hele- kuni hallikaspruunid, paljad, piklikmunajate vaiguste pungadega ja 0,6 - 1,2 cm pikad. Okkad on kahekaupa, teravatipulised, sinakas- kuni hallikasrohelised ja jäigad ning õrnalt keerdunud karedate servadega. Tervel puul püsivad okkad hinnanguliselt 3 – 4 aastat. Käbid on piklikmunajad, 3 – 7 cm pikad ja 2 – 3 cm laiad, rombjad ja sõltuvalt areaalist tõmbi või teravatipulise apofüüsiga (Roht 2013). Harilik mänd õitseb siis kui okka kasv on kiireim – mai lõpus ja juuni alguses. Peajaks õisikuks koondunud isasõied asuvad pikkivõrse alustel ning koosnevad paljudest spiraalsetest soomusjatest tolmukatest. Hariliku männi õitsemise ajal on nii metsarajad, alustaimestik kui ka lähedal asuvad veekogud kaetud kollase kirmega. Kuna igal tolmateral on kaks õhupõit, võib männitolm lendleda kuni 1000 kilomeetri kaugusele. Õitsemisest seemnete valmimiseni kulub umbes 18 kuud (Tamm 2001). Hariliku männi seemned on 0,3 - 0,4 cm pikad, varisevad varakevadel ja on varustatud lennutiivaga (Roht 2013).

Harilik mänd (*Pinus sylvestris* L.) on lülipuiduline, puit on tugevasti vaigune ja pehme

(keskmise tihedusega 500 – 530 kg/m<sup>3</sup>) (Roht 2013), seetõttu on männipuit hästi töödeldav, olles seejuures heade tugevusomadustega. Männimetsad on peamisteks puiduandjateks tööstustele. Männipalkidest valmistatakse saetooteid, peenematest tselluloosi ja paberit ning küttepuid. Saepurust ja peenest puitlaastust tööstuslikke puitplaate ja puidugraanuleid. Keemiatööstuses toodetakse männipuidust tõrva, kampolit, puupiiritust ja tärpentini (Relve 2007).

## **1.2 Harilikul männil esinevad olulisemad okka- ja võrsehaigused**

### **1.2.1 Punavöötaud**

Punavöötaud, *Dothistroma septosporum* (Dorog.) Morelet, on üks tõsisemaid männi (*Pinus* spp.) okkahaigusi kogu maailmas (Barnes *et al.* 2004; Drenkhan 2011). Haigustekitaja DNA järjestuse võrdlus erinevates regioonides on näidanud, et punavöötaud on tekitatud kahe erineva patogeeni poolt – maailmas laialt levinud *D. septosporum* ning peamiselt Kesk- ja Põhja-Ameerikas leviv *D. pini* pärinevad kahest fülogeneetiliselt erinevast sugupuust (Barnes *et al.* 2004). Haiguse pärinemise kohta on mitmeid arvamusi – on arvatud, et patogeen *Dothistroma septosporum* pärineb kõrgel asuvatest vihmametsadest Lõuna-Ameerika mägedes (Evans 1984). Alternatiivselt on arvatud, et algupärane okkahaiguse kolle on pärit Nepaali männi (*Pinus roxburghii*) enamusega metsadest ning võib olla epideemiline Himaalajas (Ivory 1994). Kumbki hüpotees pole siiaani kinnitust leidnud (Drenkhan *et al.* 2011). Haiguse tekitaja esmakirjeldus pärineb Peterburist, Venemaalt 1910. aastal (Doroguine 1911). Baltimaades avastati esmakordselt punavöötaud 2002. aastal Leedus, mägimännilt (*Pinus mugo*) (Jovaišienė, Pavilionis 2005). Eestis dokumenteeriti punavöötaudi esmaleid mustalt männilt (*Pinus nigra*) 2006. aastal, järgnevatel aastatel avastati okkahaigus juba harilikult männilt (*Pinus sylvestris* L.) (Hanso, Drenkhan 2008).

Punavöötaudi, *D. septosporum*, peamiseks sümptomiks on enneaegne defoliatsioon ja iseloomulikud punased vöödid okastel. Olenevalt peremeestaime vastuvõtlikkusest ja okkahaiguse arengust võib defoliatsioon olla äärmuslik ja kõikide aastate okkad võivad nakatuda ja variseda (Woods *et al.* 2005). Eelmisel aastal nakatunud peremeestaimedele

ilmuvad hiliskevadel-suvel väikesed, tumepruunid kuni mustjad suguta järku viljakehad, mis kannavad endas suguta järku eoseid ehk koniide, mis erituvad värvitu või valkja kliistri taolise massina (Brown, Webber 2008). Eelkõige nakatuvad võra alumises osas olevad 2. (eelmise) ja 3. (üle-eelmise) aasta okkad, millele järgneb okaste kuivamine ja varisemine (Drenkhan, Adamson 2013). Okkahaigus puudel võib järjepanu kesta mitmeid aastaid (Drenkhan, Hanso 2009). Peamiseks patogeeni levimise viisiks peetakse koniidide levikut vihma ja uduga (Gibson *et al.* 1964) ning nakatunud istikute levitamisega (Bradshaw 2004).

### 1.2.2 Männi-pudetõbi

Männi-pudetõbi on Eesti taimlates ja puukoolides üks kõige sagedamini esinevaid männi (*Pinus* spp.) okkahaigusi, tekitajaks patogeenne kottseen tõve-pigihuul *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley & Millar (Hanso, Drenkhan 2007; Eesti seenestik 2000). Enne 1978. aastat peeti ekslikult hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) peamiseks haigustekitajaks samasse perekonda kuuluvat puna-pigihuult (*Lophodermium pinastri*), kuid hilisemalt hinnati põhiliseks patogeeniks tõve-pigihuult *L. seditiosum* (Diwani, Millar 1987). Täna on teada, et männi-pudetõve epideemiad ilmnevad Eestis regulaarselt, kuid mitte kindlate intervallidega (Hanso, Drenkhan 2007; Hanso, Drenkhan 2012).

Esimesed haigussümptomid ilmnevad varakevadel kahvatute laikudena okastel, mis järkjärgult suurenevad kuniks okkad muutuvad rebasekarva punakas-pruuniks, tõsisema infektsiooni korral varisevad okkad gruppideks (Minter 1981). Kuivanud okastel arenevad kas seene suguta arengujärgu viljakehad, mis on pisikesed mustjad algeoslad või sugulise arengujärgu liibuvad hallikad, pikiovaalsed viljakehad. Lisaks ei eralda sugulise arengujärgu viljakehi üksteisest mustjas peenike joon okastel (Drenkhan, Adamson 2013).

### 1.2.3 *Diplodia sapinea*

*Diplodia sapinea* (Desm.) J. Kickx (sün. *Diplodia pinea*, *Sphaeropsis sapinea*), tänapäevani eesti keelse nimeta (Drenkhan, Adamson 2013; Drenkhan 2011), on peamiselt

männi liikide (*Pinus* spp.) võrseid kahjustav seenhaigus, vähemal määral kahjustab ka teisi okaspuid (Fraedrich 2009). Haigustekitajat *D. sapinea* kirjeldati esmakordselt 1842. aastal Prantsusmaal, alates esmakirjeldusest on haigustekitaja saanud nimeks üle 23 sünonüümi, millest just *Diplodia pinea* oli enimkasutatud. Tänapäevaks on patogeen levinud enamuses riikidesse, kus perekond männi liike kasvab. Kuigi teadaolevalt on patogeen Euroopas elanud juba 150 aastat, on esimesi tõsisemaid majanduslikke kahjustusi mainitud alates 1982. aastast Hollandis kus ulatuslikku kahju tuvastati harilikul männil (*Pinus sylvestris* L.) ja mustal männil (*Pinus nigra*) (Swart, Wingfield 1991). Enamus männi perekonda kuuluvad liigid on haigusele vastuvõtlikud, eriti kui neid istutada väljapoole nende looduslikku areaali – just stressis, nõrgestatud ja vigastatud puud on kõige infektsioonialtimad (Fraedrich 2009).

*Diplodia sapinea* puhul on tegu siiski kogu puu haigusega ehk nakatuda võivad okkad, pungad, käbid ja seemned (Drenkhan, Adamson 2013). Esimesed märgid haigustekitajast on varakevadised kolletuvad ja pruuniks muutuvad noored okkad, tavaliselt võra alumises osas. Võrsete tipud ja pungad surevad kiirelt ja kattuvad vaigukihiga (Fraedrich 2009). Nakatunud okkad on enamasti hallikat tooni ja poole lühemad võrreldes tervete okastega, sealjuures okkaalusele või võrsele tekivad äratuntavad iseloomulikud tumedad viljakehad. Esmanakkus toimub tavaliselt puu käbidel, kust patogeen liigub edasi võrsetele ja okastele (Drenkhan, Adamson 2013).

#### **1.2.4 Valgevöötaud**

Valgevöötaud, tekitajaks kottseen *Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter (sün. *Naemacyclus minor*), on mitmete männi perekonna liikide enneaegse defoliatsiooni põhjustajaks. Haigustekitaja esmaleid Eestis oli 1990. aastatel Eesti metsainstituudi puukoolist Tartus. Alates 2006. aastast on valgevöötaudi leiud Eestis oluliselt suurenenud ja haigus on tormiliselt levima hakanud. Kuigi Eestis ei loeta haigustekitajat patogeenseks, on mujal maailmas patogeen jõudnud ka juba majanduslikku kahju tekitada (Hanso, Drenkhan, 2008b; Drenkhan 2011). Näiteks leiti Uus-Meremaal, et 80% okkanakkuse juures kaotas puu kuni 60% oma juurdekasvust ja juhul kui 50% puistust oli nakatunud, hinnati juurdekasvu kadu kuni 71m<sup>3</sup>/ha, mis turuväärtuses tähendaks kahju ca 3200 Uus-

Meremaa dollari ulatuses hektari kohta (Bulman 1993).

Uus-Meremaa tingimustes eoste levimine toimub perioodiliste vihmade ajal sügisel-talvel, millele järgneb vanemate, kuus kuud ja enam, okaste nakatumine haigustekitajaga. Nakkust on enamasti näha võra keskosas, nakatunud okkad muutuvad esmalt kollakas-roheliseks, kevadel pruuniks ja seejärel langevad (Bulman 1993). Eestis on seene viljakehad nähtavad ainult pruunidel okastel sügisel, misjärel need okkad varisevad ca 1-2 kuu jooksul. Okastele tekivad iseloomulikud heledad ristipidi vöödid, millele asetsevad ovaalsed viljakehad. Heledad äratuntavad vöödid okastel on üheks olulisemaks määramistunnuseks (Drenkhan, Adamson 2013).

### 1.3 Okkahaigusi mõjutavad tegurid

Kliimamuutused ei mõjuta puude kasvu ainult otseselt, vaid ka kaudselt – soodustades või pärssides erinevate seenhaiguste elujõulisust ja levikut olenevalt puu resistentsusest erinevatele patogeenidele (Polmanis *et al.* 2016). Kliimategurid nagu temperatuur ja sademed mõjutavad seenpatogeenide elutsükli tähtsaid etappe nagu eoste idanemine, viljakehade teke ja eoste levimine (Boateng, Lewis 2015). Sademed mängivad ka otsest rolli okkahaiguste edasikandumisel, levides puult puule vihmapiiskade ja veepritsmetega. Suurim risk võib lasuda nendele regioonidele, kus patogeenide esinemine on olnud minimaalne tänu ebasoodsatele kliimatingimustele nagu külmad talved (Coakley *et al.* 1999). Lisaks pehmetele talvekuudele on soodustanud haiguse levikud ka erakorraliselt niisked sügiskuud (Martinsson 1979). Eesti looduskeskond on tundlik kliimamuutustele, kuna see asub kahe biokliimaatiliselt erineva regiooni üleminekualal (Kont *et al.* 2007). Näiteks männipudetõve (*Lophodermium* spp.) epideemiad on tihedalt seotud eelmise aasta mai kuni august sademete summaga. Kusjuures temperatuurid, v.a. august, ei oma märkimisväärset mõju okkahaiguste levikule (Drenkhan 2011; Hanso, Drenkhan 2012).

Muutuvad kliimategurid mõjutavad pidevalt seenhaiguste geograafilist jagunemist, kuid siiski on veel faktoreid, mis võivad mõjutada seenhaiguste levikut suurtes mastaapides - nagu vegetatsiooniperioodi pikkus, õhusaaste sadestuskiirus, toitainete kättesaadavus ja maakasutuse ajalugu (Larkin *et al.* 2012; Helander 1995; ref. Millberg 2015). Ent

väiksema mõõtmelisel skaalal võib seostada puistutesiseseid ja –vahelisi variatsioone mikrokliimaga, puistu struktuuriga, võrade liitusega ja ümbritseva taimestikuga (Millberg 2015). Hilinenud kultuurihooldus ja tihe alustaimestik võivad hoida mikrokliima võra alumises osas liigniiskena ja sellega soodustada patogeeni arengut ja levikut (Villebonne, Maugard 1999).

Okaste vanus võib mõjutada patogeenide arvukust ja levikut, kuna vanemad okkad on olnud kauem avatud okkahaiguste infektsioonidele (Arnold, Herre 2003; ref. Millberg 2015) ja teistele abiootilistele teguritele. Samuti toimuvad vananedes muutused okaste füsioloogias, näiteks väheneb okast kaitsev vaha okkapinnal (Jalkanen *et al.* 1998; ref. Millberg 2015). Kuid ainult vanad okkad ei ole vastuvõtlikumad okkahaigustele – samamoodi on riskigrupp noored ja alles arenevad okkad (Millberg 2015).

Peremeestaime kaitsevõime on suuresti seotud taimele mõjuva stressiga. Stress puule võib suuresti mõjutada seente kooslusi okastel ja peremeestaime stressi mõju avaldub eri patogeenidele erinevalt. Näiteks, põua poolt põhjustatud stress võib limiteerida puu kaitseks vajaminevaid ressursse ja soodustada nekrotoofsete patogeenide levikut, soodustades neile kättesaadavust süsinikule ja toitainetele. Teisalt on peremeestaime stressi poolt negatiivselt mõjutatud biotroofsed patogeenid, kuna stress limiteerib ressursside kättesaadavust biotroofseks koostoimeks (Oliva *et al.* 2014; ref. Millberg 2015). Lisaks on püstitatud hüpotees, et vanemate okaste korduv defoliatsioon ning sellega kaasnev toitainete kadu, võib põhjustada isegi suuremat stressi puudele, kui ühekordne epideemia poolt põhjustatud intensiivne okkakadu (Drenkhan 2011).

## **1.4 Metsaselektatsioon**

### **1.4.1 Metsaselektatsiooni ja -geneetika ajalugu**

Metsaselektatsiooni meetodikad ja tehnikad on oluliselt täienenud just viimastel aastakümnetel. Hiljutised avastused biotehnoloogias annavad võimaluse luua geneetiliselt modifitseeritud puid, samuti on mitmetele liikidele arendatud massipaljunduse meetodid – juurdunud pistikud, koest kultuurid või hoopis massipaljundatud läbi somaatilise

embrüogeneesi (König 2005). Kuigi enamus uurimustöid metsade geneetikast on suhteliselt värsked, tehti mõningad avastused juba sajandeid tagasi. Vanimad teadaolevad avastused toimusid 17. sajandil Jaapanis, kust pärinevad esimesed viited temaatikale, mis tänapäeval kannab nime metsaselektatsioon (Zoebel, Talbert 1984). Varajasi teadaolevaid avastusi metsaselektatsioonist ja –geneetikast on palju, kuid ühed varasemad märkimisväärsed geneetikud koos huvialaga on – 1717 *Importance of seed origin* Bradley (Inglismaa), 1761 *Hybridization* Koehltreuter (Saksamaa); 1787 *Plantation for seed production* Bursdorf (Saksamaa) ja 1904 *Provenances: larch and oak* Cieslar (Austria) (Zoebel, Talbert 1984).

Viimase kahe sajandi aastaga on teadus- ja arendustegevusena kasvavas tempos metsade geneetilist ressursi ümber paigutatud, nii loodusliku areaali siseselt kui ka väljapoole liigi loodusliku leviku areaali (Koskela *et al.* 2014). Aastal 1850 oli raadamise tõttu Euroopas metsaga kaetud maad pelgalt 20% (Kaplan *et al.* 2009). Metsade kiire vähenemise tõttu alustati mitmetes Euroopa riikides suuremahuliste metsade uuendamise programmidega (Mather 2001), see omakorda tekitas suure nõudluse metsaseemne varumisele ja säilitamisele. Suur nõudlus metsaseemne järele tõi huviorbiiti metsaseemne päritolu rolli metsade uuendamise jõupingutustes (Langlet 1971). 18. sajandi keskpaigas alustati parasvöötme- ja boreaalsete metsade päritolu uurimisega, kui loodi esimesed hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) seemne päritolu mõju uurivad katsed Euroopas. 19. sajandi alguses demonstreeriti päritolu uurivate katsetega seemnete päritolu suurt mõju istutatud puude tootlusele (König 2005). Nüüdisaegsemate metsaselektiooni programmidega alustati paljudes Euroopa riikides nagu Soome, Saksamaa, Norra, Portugal ja Rootsi juba 1920. ja 1940. aastatel. Sellest ajast peale on paljud Euroopa riigid käivitanud selektsiooniprogramme erinevatele puuliikidele - üritades parendada majanduslikult ja ökoloogiliselt tähtsaid tunnuseid. Näiteks, Saksamaal on valikselektsioonil pikk ajalugu - kiiretempoliselt on aretatud nii kiiresti kasvavaid hübriidpapplite kloone kui ka fenotüübilt paremate omadustega tamme (*Quercus spp.*), männi (*Pinus spp.*) ja lehise (*Larix spp.*) hübriidpuid. Maailmas käimasolevates selektsiooniprogrammides enimkasutatavad puuliigid on harilik mänd (*Pinus sylvestris* L.), harilik kuusk (*Picea abies*), harilik ebatsuuga (*Pseudotsuga menziesii*) ja paljud eukalüpti (*Eucalyptus spp.*) liigid (Häggman *et al.* 2016). Riikides, kus on esindatud mõne männi liigi (*Pinus spp.*) looduslik areaal alustati süstemaatilise selektsiooni ja järglaskatsete rajamisega juba 20. sajandi alguses.



Järglaskatsete alane uurimustöö võimaldas hinnata kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid erinevusi suure areaali eri piirkondadest pärit järglaste vahel (Kohlstock, Schneck 1992).

Eestis tehtud selektsioonialased uuringud on enamasti olnud suunatud männikute tootlikkuse suurendamisele ja ka puidu kvaliteedi parandamisele. Eestis esimesi läbiviidud katseid alustati E. Pihelgase initsiatiivil, kes uuris erineva tootlikkusega puistute ja plusspuude ning üksikpuude kasvu erinevusi (Pihelgas 1971, 1973). Hariliku männi plusspuude väljavalimisega alustati E. Pihelgase poolt koostatud juhendi alusel 1959. aastatel. Kokku valiti välja 558 männi plusspuud, 411 plusspuud olid valitud aastaks 1971. Tänapäevaks ei ole kõige olulisem teadmine, kui palju neid ENSV aegu välja valiti, vaid see kui palju neist on alles või kui palju neid poogiti klooniarhiividesse. Keskkonnaameti hinnangul on Eesti seemlates kasvamas 413 männi (*Pinus spp.*) plusspuu poogendit (Maaten 2012), alates 2011. aastast on iga aastaselt valitud uusi plusspuid ja rajatud noori klooniarhiive (Maaten, suusõnaline informatsioon). Selgitamaks välja, kas puistute erinevused on tingitud ökoloogilistest erinevustest või on olulisi erinevusi kajastatud ka geenifondis (Pihelgas 1971), külvati E. Pihelgase eestvedamisel üle NSV liidu kokku kogutud seemned 1962. aastal Järvelja õppe- ja kaitsemetsamajandi taimeaeda ja 1964. aastal istutati seemikud Järvelja katsealale edasisteks uuringuteks (Pihelgas 1965). Kokku pandi aastatel 1964 ja 1965 katsekultuuridesse kasvama, lisaks viiele kodumaist päritolu seemnest kasvatatud taimepartiile, 23 sisse toodud erineva päritoluga seemnepartiist kasvatatud taimed (Maaten, Kurm 2010a).

#### **1.4.2 Metsaselektsiooni põhimõtted**

Olenevalt planeeritud metsade majandamise viisist, tuleb arvestada kõikide toimingute juures ka geneetilist aspekti. Kui raiemeetodi valikul otsustatakse valikraiete ja püsimetsanduse kasuks, mängib suurt rolli millised puud metsast raiutakse ja millistele antakse võimalus oma geneetilist materjali paljundada. Kui aga otsustatakse uuendusraiete kasuks, millele järgneb metsakultiveerimine, määratakse uue metsapõlve genofond väljavalituks osutunud kultiveerimismaterjaliga. Väärtusliku kultiveerimismaterjali saamiseks kasutatakse metsaselektsiooni. Põhjamaades on viimastel kümnenditel intensiivselt tegeletud metsaselektsiooni arendamisega ja metsaselektsiooni efektiivsus on

tõestatud ulatuslikes katsekultuurides (Maaten, Kurm 2010a). Katsekultuuride rajamiseks on vajalik varuda materjali, ehk tarvidus selekteerida metsadest parimate omadustega - terved, sirged, väikese koondega, peente okstega ja teistest vähemalt 10% kõrgemad puud – plusspuud (Maaten 2012; Maaten, Kurm 2010a). Selliste puude fenotüübi põhjal eeldatakse, et need on teistest parema genotüübiga ja nende järglastel ilmnevad paremad kasvuomadused (Maaten, Kurm, 2010a). Plusspuude järglastega rajatud järglaskatsed on parim viis hindamaks valikute geneetilist väärtust niikaua, kuni plusspuud on valitud fenotüübi järgi (White *et al.* 2007), üldjuhul fenotüübiline valik säilitab geneetilist varieeruvust. Fenotüübilist valikut soovitatakse ja kasutatakse üksnes juhtudel, kui informatsioon põlvnemise kohta puudub (Kowalczyk 2005). Et saada väärtuslikku seemet, tuleb plusspuudelt võtta pookeoksad, need pookealustele pookida ja istutada seemlatesse, kus plusspuid tolmeldaks samaväärsete kasvuomadustega puud. Selliselt, ainult fenotüübi põhjal, rajatud seemlaid nimetatakse esimese astme seemlateks. Sellise meetodiga määratakse kindlaks, kas välimuse põhjal valitud plusspuu on teistest paremate kasvuomadustega sellepärast, et tal on väärtuslik genotüüp või olid head kasvuomadused tulenenud heast kasvukohast. (Maaten 2010a). Pärast lõplikke mõõtmisi järglaskatsealadel raiutakse kehvemate kloonide järglased välja ning kujundatakse katsealadest esimese astme generatiivsed seemlad. Parimaks tunnistatud kloonidega aga rajatakse 1,5 astme seemlad, kust tulevikus varutav materjal on võrreldes esimese astme seemlaga paremate kasvuomadustega. Lõuna – Soomes on hinnatud hariliku männi esimese astme seemlast tulenevate puistute tagavara tõusu 15% (Maaten 2012).

### **1.4.3 Metsaselektsiooni vajalikkus ja regulatsioonid**

Maailma metsade pindala väheneb iga aastaselt, samal ajal globaalne inimeste populatsioon on pidevalt kasvav - selline trend toob endaga kaasa puidu ja puidutoodete tarbimise pideva suurenemise. Kuigi on levinud arvamusi, et metsade majandamisse peaks suhtuma looduslähedaste võtetega ja vähese sekkumisega (König 2005), ei suudeta suurenevat nõudlust täita praeguste metsade loodusliku uuenemisega. Tagamaks nõutavad kogused puitu peavad tootlikud metsad, koos metsaselektsiooni programmidega, omama piisavat kaalu ülemaailmselt, et suurendada tulundusmetsade tagavarasid ja tagada paremat puidu kvaliteeti (König 2005). Kuna loodusliku uuenemisega suurenevat nõudlust täita ei

suudeta (König 2005) ja tihtipeale metsaomanikule ei sobi loodusliku uuenemisega tekkiv enamasti väheväärtuslik lehtpuu uuendus, tuleks metsi uuendada läbi metsakultiveerimise. Riigimetsas on kõige populaarsemaks uuendamismeetodiks metsaistutus ja 2014. aasta andmetel istutamisel enimkasutatavad puuliigid koos protsentuaalse mahuga kogu riigimetsas kasutatavast istutusmaterjalist on vastavalt harilik kuusk (*Picea abies*) - 48%, harilik mänd (*Pinus sylvestris* L.) - 44% ja arukask (*Betula pendula*) - 8% (METS 2014). Metsakultiveerimiseks vaja minevat seemet saab varuda metsast, seemlast ja ka vajadusel sisse tuua teistest riikidest. Kultiveerimismaterjaliks loetakse „Taimede paljundamise ja sordikaitse“ seaduse § 5 alusel Euroopa Nõukogu direktiivi 1999/105/EÜ „Metsapaljundusmaterjali turustamine“ lisas I nimetatud ning metsanduslikul eesmärgil kasutatavate puuliikide ja nende hübriidide seemned, taimeosad ja istutamiseks või ümberistutamiseks ettenähtud istutusmaterjali. Kultiveerimismaterjal on keskkonnaministri määrusega nr. 20 „Metsa uuendamisel kasutada lubatud kultiveerimismaterjali algmaterjali päritolu, kultiveerimismaterjali tarnimise ja turustamise nõuded“ § 4 lõike 2 alusel jagatud nelja kategooriasse – algallikas tuntud, algallikas valitud, algallikas kvalifitseeritud ja algallikas katsetatud. Hetkel puudub Eestis kasutusolevast neljast kategooriast „algallikas katsetatud“, kuna veel ei ole metsapuude kloonide headust järglaskatsetega testitud (Metsanduse arengukava 2010). Aastal 2011 alustatud RMK hariliku männi selektsiooniprogrammi katse rajamise eesmärk ongi saavutada kategooriasse „katsetatud“ kuuluva kultiveerimismaterjali tootmine Eestis (Maaten *et al.* 2016). Seda toetab ka metsanduse arengukava aastani 2020 poliitiline meede „Väärtuslike metsageneetiliste ressursside säilitamine ja heade pärilike omadustega metsakultiveerimismaterjali osatähtsuse suurendamine kasutatava kultiveerimismaterjali hulgas“ (Metsanduse arengukava 2010), mis omakorda toetub Eesti Keskkonnaministri poolt allkirjastatud *Forest Europe* resolutsioonile S2 – *Conservation of Forest Genetic Resources*, kus on kirjeldatud parendatud geneetilise informatsiooniga kultiveerimismaterjali suurt osatähtsust metsastamisel ja varude taastootmisel, eriti sellisel juhul kui seda tehakse tarbepuidu saamise eesmärgil (Forest Europe 2016).

#### 1.4.4 Metsaselektsiooni ohud

Metsaselektsioon on osa teadmistepõhisest metsamajandusest, millega kaasnevad ka mõningad ohud. Metsaselektsioonile enim etteheidetud probleemiks on geneetilise varieeruvuse vähenemine. Antud probleem võib tekkida juhul, kui püütakse saavutada liiga suurt geneetilist kasumlikkust, kasvatades sealjuures väikest hulka kloonide. Soomes ja Rootsis tehtud geneetilise varieeruvuse uuringutega ei tuvastatud geneetilise varieeruvuse vähenemist loodusliku tasemega võrreldes, kui istutati vähemalt 30 kloni poogendid (Maaten 2010b). Eestis on kasutatavate kloonide minimaalne arv reglementeeritud keskkonnaministri määruses „Metsa uuendamisel kasutada lubatud kultiveerimismaterjali algmaterjali päritolu, kultiveerimismaterjali tarnimise ja turustamise nõuded“, kus § 7 lõike 2 alusel on nõutud, et „kloonide segudes olevad kloonid, nende arv, osakaal ja valikumeetod peavad tagama piisava geneetilise mitmekesisuse ning ühes kloonide segus peab olema vähemalt 20 eri kloni“. Üldiselt on arvatud, et fenotüübiline valik säilitab geneetilist varieeruvust, samas kui geneetiline valik vähendab seda, eriti juhul kui geneetiline kasu on maksimeeritud (Kowalczyk 2005). Seemlaseemne varieeruvust on peetud isegi suuremaks võrreldes puistuseemnega, kuna plusspuude valik toimub üleriigiliselt või suure piirkonna pealt. Sellest tulenevalt on selliselt kogutud algmaterjal isegi varieeruvam, kui ühest kindlast puistust pärinev algmaterjal (Maaten 2010b).

## 2 MATERJAL JA METOODIKA

### 2.1 Katsealad

Magistritöö andmed on kogutud neljalt RMK hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) selektsiooniprogrammi katsealalt (Joonis 1), mis paiknevad neljas erinevas asukohas Eestis. Mändjala katseala asub Saaremaal Kaarma vallas Mändjala külas, katastritunnusega 34801:008:0029 (ristkoordinaadid [L-EST'92]: X= 6453927, Y=400602). Nohipalo katseala asub Põlvamaal Veriora vallas Verioramõisa külas, katastritunnusega 87901:001:0836 (ristkoordinaadid [L-EST'92]: X= 6429377, Y=698539). Pärnassaare katseala asub Pärnumaal Saarde vallas Sigaste külas, katastritunnusega 71101:001:0234 (ristkoordinaadid [L-EST'92]: X=6449438, Y=554373) ja Tarumaa katseala asub Ida-Virumaal Maidla vallas Tarumaa külas, katastritunnusega 44901:007:0021 (ristkoordinaadid [L-EST'92]: X=6569268, Y=678966).



**Joonis 1.** RMK hariliku männi metsaselektsiooniprogrammi katsealade paiknemine kaardil (Google Maps kuvatõmmis)

## 2.2 Järglaskatsete rajamise metoodika

RMK poolt rajatavad järglaskatsealad on loodud kuni 8 hektari suurustele aladele ning ala valikul on arvestatud harilikule männile (*Pinus sylvestris* L.) sobilikke kasvutingimusi. Valitud aladel valmistati ette maapind - vajadusel raadati, teostati umbrohutõrje, künti ja kultiveeriti, et saavutada piisav maapinna tasetas. Eemaldati segavad kändud ja kivid ning uute tاراosade rajamisel piirati ala kuni 2 meetrit kõrge ulukikindla traatvõrkstaraga. Tõstmaks järglaskatsete statistilist usaldusväärsust ja vähendamaks maavajadust kasutati katsealadel järglaste istutamisel *Single tree plot* ehk üksikpuu katseruudu meetodit (Maaten *et al.* 2016). Üksikpuu katseruudu meetod on näidanud paremaid tulemusi lühiajalistes järglaskatsetes, võrreldes näiteks plokk katsete- või ridakatsete meetodiga (Tuskan, Williams 1989). Seetõttu on üksikpuu katseruudu meetod põhjamaades laialdaselt kasutusel ning meetodit on peetud efektiivsemaks võrreldes näiteks 5 x 5 puu katseruudu meetodiga. Käesolevas magistritöös on vaatluse all vaid 2012. ja 2013. aastal istutatud järglastaimed. Nii 2012. kui ka 2013. aastal istutatud hariliku männi järglastaimed istutati 25 katseblokki, igasse katseblokki ühe emapuu järglane ühes korduses, seaduga 2 x 2 meetrit. 2012. aasta kevadel istutati katseblokkidesse 57 kloonu järglased ja lisaks 3 nullpuud, ehk 60 puud katseblokki. 2013. aasta kevadel istutati seevastu katseblokkidesse 68 kloonu järglased, istutusaastate võrdluseks ka 2012. aasta istutuses esindatud 4 kloonu järglased (E5, T1, VR53, VR9) ja 3 nullpuud, kokku 75 puud katseblokki. Nulltaimed on seemlaseemne tootmispartiidest kasvatatud taimed, mille lisamisel selektsioonikatse katseblokkidesse on järgnevad eesmärgid - viia taimede arv katseblokkis arvuni, mis jagub matemaatiliselt võimalikult paljude erinevate arvudega, mis omakorda annab võimaluse tekitada lähtuvalt konkreetse katseala iseärasustest ühtse suurusega neljakandilisi katseblokke. Lisaks annavad nulltaimed võimaluse katsetatavate kloonide järglaste kasvu võrdlemiseks kategooria „algallikas kvalifitseeritud“ keskmisega ja aitavad omavahel võrrelda erinevatel aastatel istutatud katseblokkidel kasvavate puude kasvu. Katseblokkide erineva paigutusega kompositsioon on saavutatud istutustöödel läbi juhuslikustamise ehk eelmärgistatud siltidega ja katseblokkide kaupa komplekteeritud taimed istutati juhuslikus järjekorras. See on vajalik katsealalt saadavate andmete töötlemiseks – sellisel juhul on igal taimel võrdne võimalus sattuda igale katsebloki istutuskohale. Katseblokkide valmimisel kontrolliti skeemide põhjalikul ülevaatusel blokid ja vajadusel asendati istutaja või taimede komplekteerija tõttu valesti istutatud taimed. Ääre-efekti ärahoidmiseks

1. KB										2. KB										3. KB									
P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
P	P	3	E4	V8	T23	E2	E44	E22	14	E15	K4	T1	9	E22	8	T20													
P	P	E42	E15	0	VR10	P3	8	K13	E10	T2	VR10	KN16	E2	K16	E15	VR9													
P	P	TD18	E15	P16	JM10	A4	P10	V7	11	VR46	V6	JM10	V7	E12	T2	S21													
P	P	RP25	KN16	K4	O1	V11	VR53	JM12	S21	T19	T1	S9	VR20	P10	E10	TD18													
P	P	JV15	23	E21	E40	VL10	T23	A4	S9	E2	VR21	VL10	K7	14	P3	V11													
P	P	T19	VR33	O2	T1	E3	9	6	VR20	3	VR9	VR46	V6	VR53	11	K13													
P	P	S9	14	T20	E41	E12	VR33	E41	K16	R19	P3	0	R19	T19	V8	3													
P	P	JM12	E16	E22	VR53	E62	0	E14	K7	E42	E12	A4	E14	E44	VR10	K4													
P	P	E25	P16	VR20	V7	VR46	02	TD18	E15	JM10	E2	01	E40	5	VR21	E2													
P	P	T2	6	9	V6	11	KN16	O1	V8	E25	23	E41	23	E16	VR33	E42													
P	P	E10	S21	E44	K7	K13	E21	JV15	E3	E62	T20	E21	RP25	JV15	E62	E25													
P	P	VR9	VR21	8	K16	R19	RP25	P16	V11	VL10	E40	O2	E3	JM12	P16	T23													
P	P	T1	RV37	RV5	15	E32	RP29	E45	VR9	T27	0	J8	19	E64	15	13													
P	P	TL3	J5	V3	RV47	E4	RV54	RV29	A2	E24	E4	E45	R110	J5	KN27	0													
P	P	E7	RV29	E11	103	R113	15	E8	J11	103	RV37	KJ2	E5	T18	0	RV52													
P	P	E64	RP29	RV28	E20	RV39	RV13	T34	RV48	E20	J8	T34	T7	RV41	RV49	E32													
P	P	TL1	E5	736	RV49	T18	T22	E5	KJ5	VL3	0	J10	E8	TD10	0	RV39													
P	P	E58	RV1	KJ1	KN27	TD16	E32	RV14	TL3	VR53	0	TL3	580	103	RV37	KJ1													
P	P	0	KJ2	E8	JM18	RV52	34	580	E65	RV49	KN27	VR9	736	RV14	V3	34													
P	P	34	75	R110	E43	580	RV41	19	J1	VR60	13	RV53	RV5	RV16	TD16	RV38													
P	P	0	RV53	VR60	RV41	J1	TD16	T1	R110	T18	E7	J1	A2	E58	E4	RV13			</										

## 2.3 Patoloogilise hindamise metoodika

23

ühtlane hindamine katsealal. Okka- ja võrsehaiguste hindamise aluseks oli katsealade jaoks koostatud „Männi katsealade tervisliku seisundi hinnang ehk patoloogiline hinnang“ okkahaiguste lühimääraja (Drenkhan 2014) ja haiguste tundmaõppimiseks ning täpsemaks määramiseks kasutati määrajat „Perekond männi (*Pinus*) okkahaiguste tekitajate lühimääraja“ (Drenkhan, Adamson 2013). Katsealadel hinnati järglastaimede okastiku püsivust ehk okkahinnangut. Okaste püsivus on allesjäänud roheliste okaste hulk peale patogeenide poolt tekitatud kevadist okaste varisemist. Hinnangu aluseks oli summaarsete roheliste okaste säilimine peavõrsel. Näiteks, kui viimase aasta võrsel ehk jooksva aasta võrsel oli säilinud okkaid 100% ja eelviimasel aastavõrsel ehk eelmise aasta võrsel säilinud okkaid 30%, siis hinnati antud puul säilinud okaste summaarseks väärtuseks 1,3. Sama hinnang võis olla järglastaimel, millel oli okkaid 90% viimasel aastavõrsel, 30% eelviimasel aastavõrsel ja 10% enne seda moodustunud aastavõrsel (Aalto *et al.* 2000; Hanso ja Hanso 2003). Seega okastiku püsivuse hinnanguna esitati üks number ühe järglastaimse kohta, vahemikus 0,1 – 3.

2013. istutus; 29. september 2016

Tarumaa KB 44

13 1,2 MP	E4 1,0 MP	K5 1,1	TD11 1,7	580 1,0
JM18 1,4 MP	A2 1,2 MP	RV52 1,9	KJ7 1,9	E45 1,8 MP
E20 1,7 MP	RV41 1,8	RV53 1,0 MP	RV54 1,8	R110 1,5 MP
VR60 1,4	T34 1,5	E58 1,7	T22 1,3	RP29 1,9

**Joonis 3.** Näide okastiku püsivuse ja –haiguste ülesmärkimisest Tarumaa katseala 44. katsebloki skeemile. Hindamisel on 2013. aastal istutatud järglastaimed (Foto, H. Sei)

Juhul kui järglastaimelt avastati männi-pudetõve (*Lophodermium seditiosum*) haiguskolle, mis väljendus marginaalses okkapüsivuses ning lisaks leiti vastava haigustekitaja



viljakehade olemasolu substraadil - tehti tabelisse märke „MP“ (lühend pärineb haigustekitaja eestikeelsest nimetusest männi-pudetõbi). Haigustekitaja märgiti tabelisse vaid juhul, kui järglastaime pea- või külgvõrselt avastati sugulist- või suguta järku männi-pudetõve viljakehad. Punavöötaudi (*Dothistroma septosporum*) määramisel hinnati peavõrset ning juhuslikult valitud oksa puu elava võra alumisest kolmandast männasest ja selle põhjal anti hinnang. Kui järglastaimel oli nakatunud kogu võra ehk jooksva aasta okkad, eelmise aasta okkad ja sellele eelnenud aasta okkad, kirjutati tabelisse märke „DO“ (lühend haigustekitaja ladinakeelsest nimest *Dothistroma septosporum*). Juhul kui punavöötaudi sümptomid avastati vaid jooksva aasta okastelt, tehti märke „DO1“. Kui nakatunud olid vaid teise aasta ehk eelmise aasta okkad tehti märke „DO2“ ja kui nakatunud olid vaid sellele eelneva aasta okkad ehk kolmanda aasta okkad siis märgiti tabelisse „DO3“. Juhul kui nakatunud olid teise ja kolmanda aasta okkad märgiti tabelisse nii „DO2“ kui ka „DO3“. Kui järglastaimedelt avastati võrselaik ja vaigujooks jooksva aasta võrsel, tehti tabelisse märke „VK“ (lühend sõnast võrselaik), ent siinkohal tuleb arvestada, et võrselaigu tekitaja on teadmata. Külgvõrse(te) kahjustuse ja *Diplodia sapinea* korral märgiti tabelisse „DK“ (lühend on kombinatsioon haigustekitaja ladinakeelsest nimest *Diplodia sapinea* ja haiguse leidmise kohast - külgvõrsest), seda ka juhul kui külgvõrse oli longus ja kolletuv. Tippvõrse kahjustuse korral, kui tippvõrse ei olnud longu vajunud, märgiti tabelisse „DT“ (lühend tuleneb haiguse ladinakeelsest nimest *Diplodia sapinea* ja haiguse leidmise kohast – tippvõrsest). Kui aga tippvõrse oleks longu vajunud, ehk *Diplodia sapinea* kahjustus vanemal taimel, oleks märkeks tehtud „DTL“ (lühend pärineb haiguse ladinakeelsest nimest *D. sapinea*, avastamiskohast – tippvõrsest ja lisaks täiendav tähis „L“, mis tähistab longu vajunud võrset). Lisaks hinnati järglastaimedel veel vihmavarjutüüpi tippvõrse kahjustust, ehk okaspuu - võrsevähki (*Gremmeniella abietina*) – tähis „V“ (lühend pärineb haigustekitaja eestikeelsest nimetusest - võrsevähk), ja nähtavate viljakehade olemasolul ka valgevöötaudi (*Cyclaneusma minus*) – tähis „VV“ (lühend pärineb haigustekitaja eestikeelsest nimest - valgevöötaud). Kõik surnud taimed märgiti tabelisse tähisega „S“ (lühend sõnast surnud) (Drenkhan 2014).

Lisaks patoloogilisele hinnangule on vaatluse all ka 2012. ja 2013. aastal istutatud hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) järglastaimede kõrguskasvud. Kõrguskasvud on mõõdetud järglastaimede 5 aastaseks saades nii 2012. kui ka 2013. aasta istutusel EMÜ metsandus- ja maaehitusinstituudi teadlaste poolt. Kõrguskasvud mõõdeti 2015. ja 2016. aasta

hilissügisel, kui taimed olid läbinud seemnest alatest viis vegetatsiooniperioodi. Kõrguskasvude mõõtmiseks kasutati mõõtelatti ja kõrgused mõõdeti 5 cm täpsusega. Järgmised mõõtmised viiakse läbi katsekultuuride 10 ja 15 aasta vanuseks saades. Esimestel mõõtmistel, mis viiakse läbi 5 aasta vanusena, piirdatakse vaid kõrguskasvudega. Edasistel mõõtmistel, 10 ja 15 aasta vanuselt, hinnatakse samu tunnuseid mis plusspuude puhul: kõrgus, diameeter, okste diameeter, okslikkus, tüve sirgus ja kahjustused (Maaten *et al.* 2016).

## 2.4 Andmetöötlus

Andmete töötlemisel koondati nii 2012. kui ka 2013. aastal istutatud järglastaimede okastiku dünaamika hinnangud, patoloogilised hinnangud ja kõrguskasvud *MS Exceli* keskkonda ning tekitati ühtne andmebaas. Andmete edasisel manipuleerimisel kasutati statistikatarkvara R versiooni 3.3.3. Valimist eemaldati surnud puud ja üksikud andmesisestusvead. Järglaskondade kõrguskasvude ja okastiku püsivuse keskmiste võrdlemisel kasutati karpdiagramme. Järglaskondade omavaheliste kõrguskasvude ja okastiku püsivuse võrdlemisel kasutati paketi *agricolae()* grupeeritud Tukey HSD testi. Katsealast tulenevat mõju okkahaiguste tekkele hinnati aga Pearsoni  $X^2$ -testiga. Uurides okkahaiguste seost järglaskatse faktoritega tehti okka ja võrsehaigustele individuaalsed logistilise regressiooni mudelid. Kloonide järglaste omavaheliste kõrguskasvude erinevusi, mis esinesid mõlema aasta istutuses, hinnati studenti T-testiga.

## 2.5 Kloonide tähistused

RMK hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) selektsiooniprogrammi raames rajatud katsealadele istutatud 2012. ja 2013. aasta katseblokkides on esindatud nõukogude ajal valitud plusspuude järglased. Puude koodid tekitati põhimõttel, et täht või tähtede kombinatsioon tähistas metsamajandit ja järgnev number seda, mitmes plusspuu see antud metsamajandis oli valitud. Üksikud numbrid nagu 3, 6, 8 jt. tähistavad Kullenga numbriliselt tähistatud kloone. Kolme numbriga kloonid, 103, 580 ja 736, tähistavad uute

plusspuude järglasi ja on selliselt tähistatud ka Keskkonnaameti registrites (Kurm *et al.* 1996). Antud uurimustöös kasutatud kloonide järglaste lühendid lahtikirjutatult on järgmised:

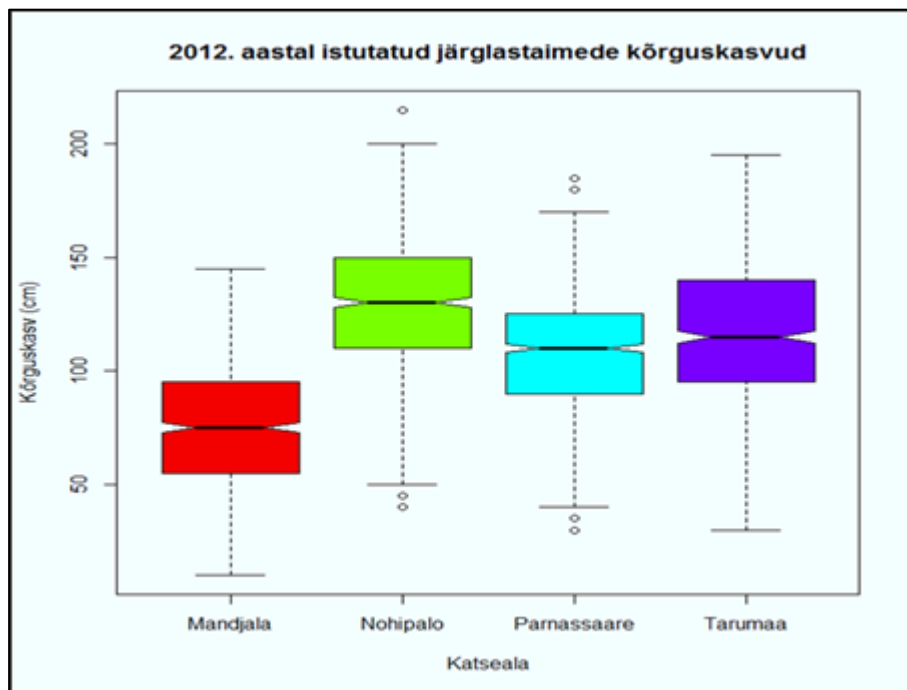
- |  |                   |
|--|-------------------|
| 1. A – Aegviidu  | 9. P – Pärnu      |
| 2. E – Elva  | 10. R - Räpina    |
| 3. J – Järvselja   | 11. RP – Rapla    |
| 4. JM – Järvamaa   | 12. RV- Rakvere   |
| 5. JV – (Täpne tähendus teadmata, esmamainitud Nasva seemlas ja sealt Sõmerpallu ringi poogitud) | 13. T – Tartu     |
| 6. K – Jõgeva  | 14. TD – Tudu     |
| 7. KJ – Kohtla-Järve   | 15. TL – Tallinn  |
| 8. KN – Kilingi-Nõmme  | 16. V – Valgamaa  |
|  | 17. VL – Viljandi |
|  | 18. VR - Võru     |

(Kurm *et al.* 1996)

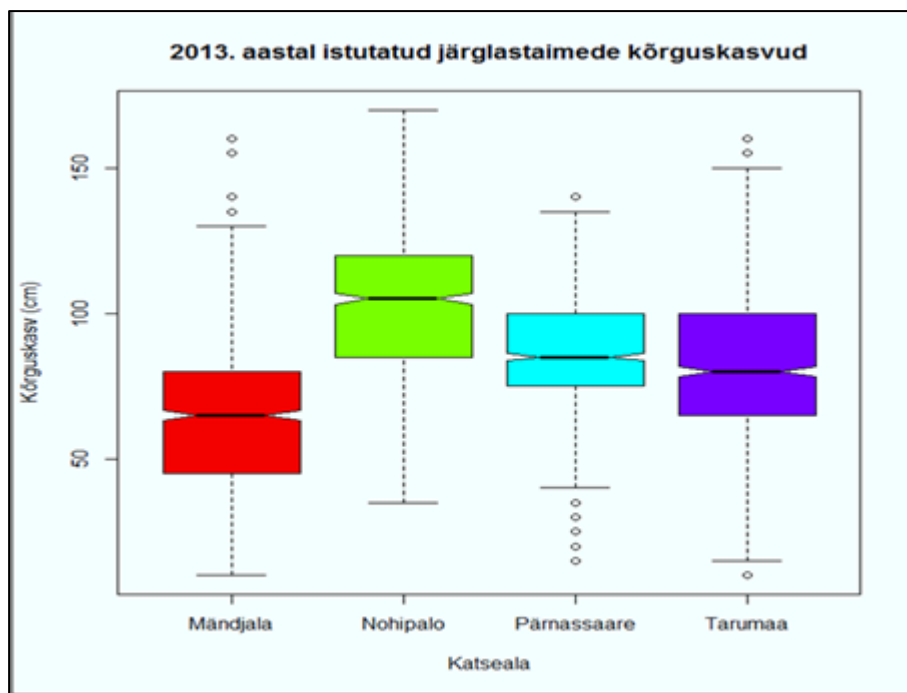
### 3 TULEMUSED

#### 3.1 Järglastaimede kõrguskasvude keskmised katsealade lõikes

Katsealade kõrguskasvude keskmiste võrdlemisel esines katseala mõjust tingitud kindel muster (Joonis 4 ja 5). Parimat kõrguskasvu näitas nii 2012. aastal kui ka 2013. aastal istutatud järglastaimede hulgas just Nohipalo katseala, kus järglastaimede keskmiseks kõrguseks oli vastavalt 127,2 cm ja 101,5 cm. Nohipalo katseala järglastaimede kõrguskasvude keskmine oli oluliselt ( $p < 0,05$ ) suurem nii Mändjala, Pärnassaare kui ka Tarumaa katseala järglastaimede keskmisest kõrguskasvust. Kõige kehvemat kasvu näitasid nii 2012. kui ka 2013. aastal istutatud järglastaimed just Mändjala katsealal - vastavalt 75,2 cm ja 64,5 cm. Mändjala katseala järglastaimede kõrguskasvude keskmine oli oluliselt väiksem ( $p < 0,05$ ) nii Nohipalo, Pärnassaare kui ka Tarumaa katseala järglastaimede keskmisest kõrguskasvust. Pärnassaare katseala järglastaimede kõrguskasvud olid vastavalt 107,4 cm ja 85,3 cm ja Tarumaa katseala keskmised kõrguskasvud vastavalt 107,4 cm ja 82,14 cm. Samuti olid oluliselt erinevad nii 2012. aastal kui ka 2013. aastal istutatud ( $p < 0,05$ ) Tarumaa ja Pärnassaare katseala järglastaimede kõrguskasvude keskmised, võrreldes teiste katsealadega.



**Joonis 4.** 2012. aastal istutatud järglastaimede kõrguskasvude keskmiste võrdlus katsealati

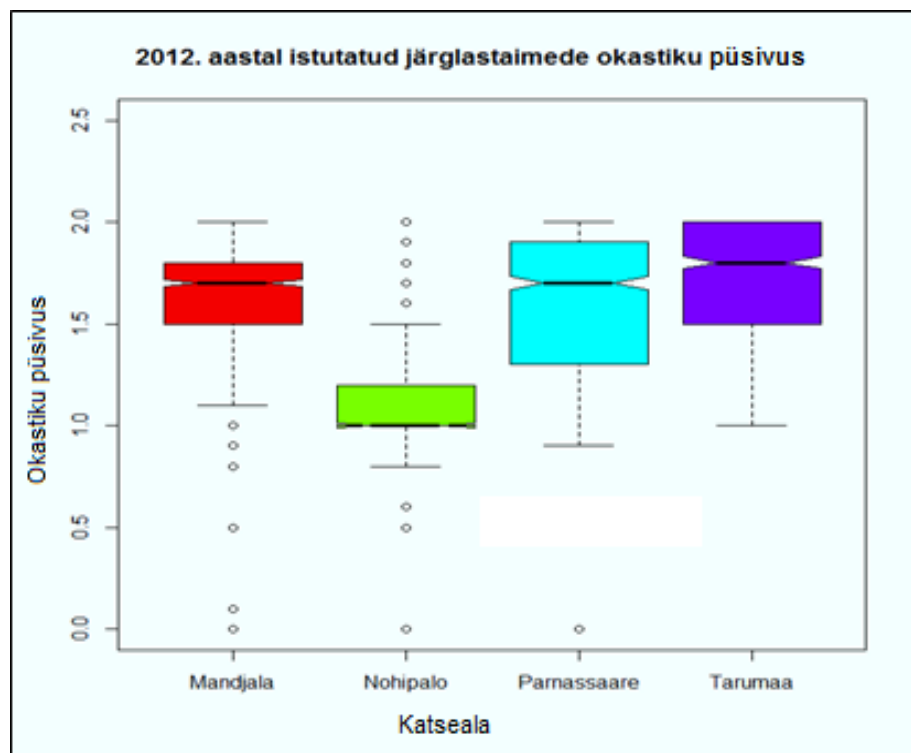


**Joonis 5.** 2013. aastal istutatud järglastaimede kõrguskasvude keskmiste võrdlus katsealati

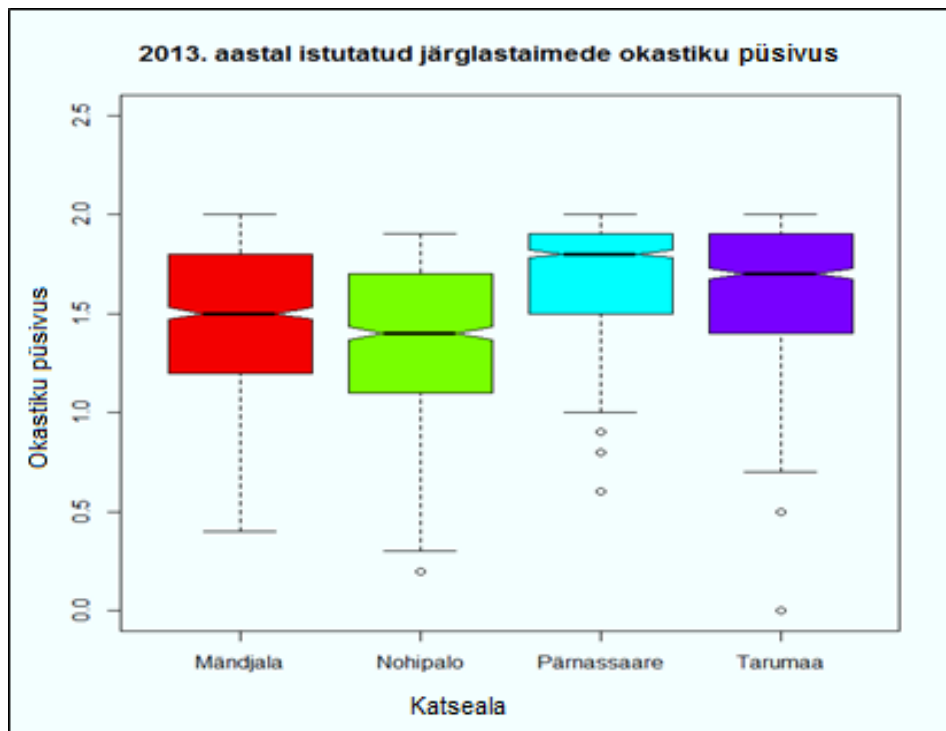
### 3.2 Okastiku püsivuse keskmised katsealade lõikes

RMK hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) järglaskatsealadel oli 2012. aastal istutatud järglastaimede keskmine okastik vahemikus 1,11 – 1,72 okastusastet (Joonis 6) . Aastal 2013 istutatud järglastaimede keskmine okastik oli aga vahemikus 1,39 – 1,66 okastusastet (Joonis 7). Parim keskmine okastiku püsivus 2012. aastal istutatud järglastaimede hulgas oli Tarumaa katsealal - 1,72 okastusastet ehk 57 % säilinud rohelisi okkaid viimasel kolmel aastavõrsel ja 2013. aastal istutatud järglastaimede hulgas Pärnassaare katsealal -1,66 okastusastet ehk 55% säilinud rohelisi okkaid. Kõige kehvem okastiku püsivus 2012. aastal istutatud järglastaimede hulgas oli Nohipalo katsealal – 1,1 okastusastet ehk 37% säilinud rohelisi okkaid viimasel kolmel aastavõrsel ja 2013. aastal istutatud järglastaimede hulgas samuti Nohipalo katsealal – 1,39 okastusastet ehk 46,3 % rohelisi okkaid viimasel kolmel aastavõrsel. Mändjala ja Pärnassaare okastiku püsivus oli 2012. aasta järglastaimedel vastavalt 1,63 ja 1,58 – ehk 54 % ja 52% säilinud rohelisi okkaid viimasel kolmel aastavõrsel. Mändjala ja Pärnassaare katsealade okastiku püsivus 2012. aastal istutatud järglastaimede hulgas üksteisest oluliselt ei erinenud ( $p > 0,05$ ). Tarumaa ja Mändjala katseala okastiku püsivused 2013. aastal istutatud järglastaimedel olid vastavalt 1,62 ja 1,48 okastusastet, ehk 54% ja 49% säilinud rohelisi

okkaid viimasel kolmel aastavõrsel. Nii Mändjala, Nohipalo, Pärnassaare kui ka Tarumaa katsealade keskmised okastiku püsivused 2013. aasta istutatud järglastaimede hulgas olid üksteisest oluliselt erinevad ( $p < 0,05$ ). Andmete töötlemisel ilmnes veel okastiku püsivuse oluline ( $p < 0,05$ ) negatiivne mõju kõrguskasvudele nii 2012. kui ka 2013. aasta järglastaimede hulgas ehk suurem kõrguskasv ei tähendanud alati paremat okastiku püsivust.



**Joonis 6.** Okaste püsivuse keskmised väärtused katsealade lõikes 2012. aastal istutatud järglastaimede hulgas

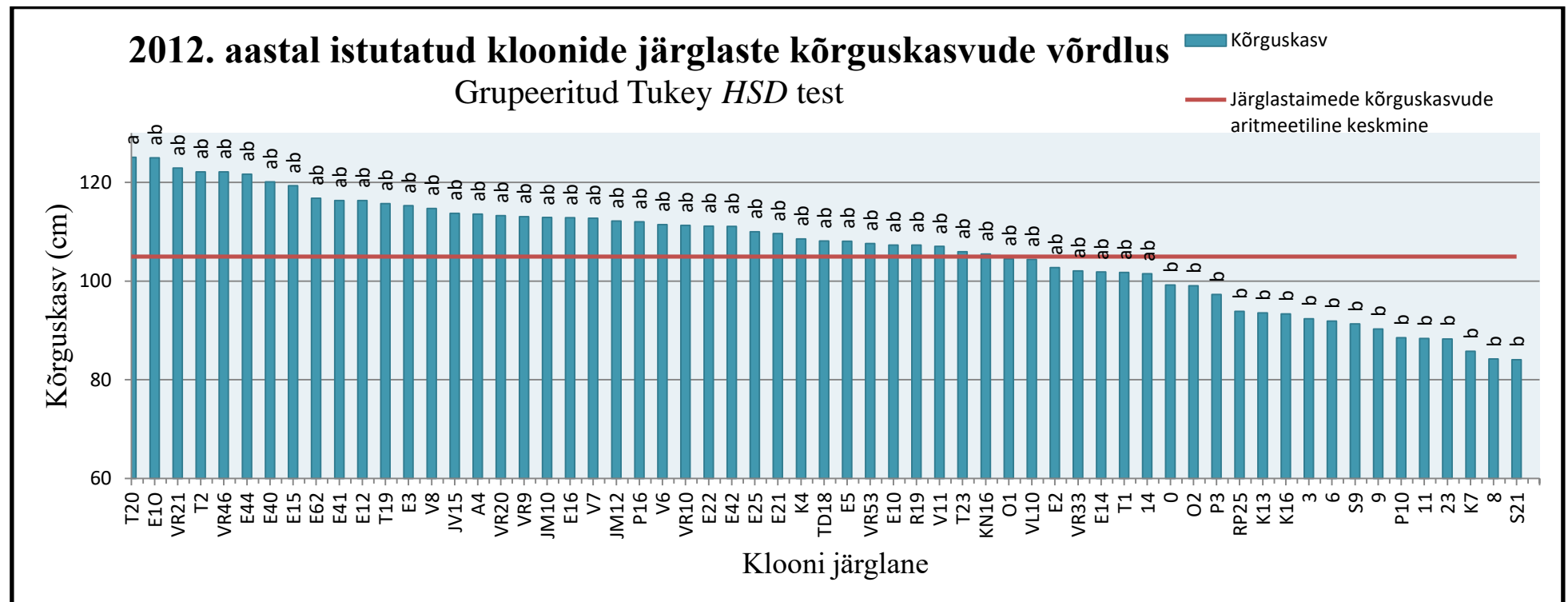


**Joonis 7.** Okaste püsivuse keskmised väärtused katsealade lõikes 2013. aastal istutatud järglastaimede hulgas

### 3.3 Kõrguskasvude võrdlus järglaskondade lõikes

#### 3.3.1 2012. aastal istutatud järglaskondade kõrguskasvude võrdlus

RMK hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) selektsiooniprogrammi 2012. aastal istutatud järglaskondade kõrguskasvude võrdlemiseks kasutati grupeeritud Tukey testi (Joonis 8). Järglaskonnad mis ei oma tulba päises sama tähte on üksteisest statistiliselt oluliselt ( $p < 0,05$ ) erinevad.



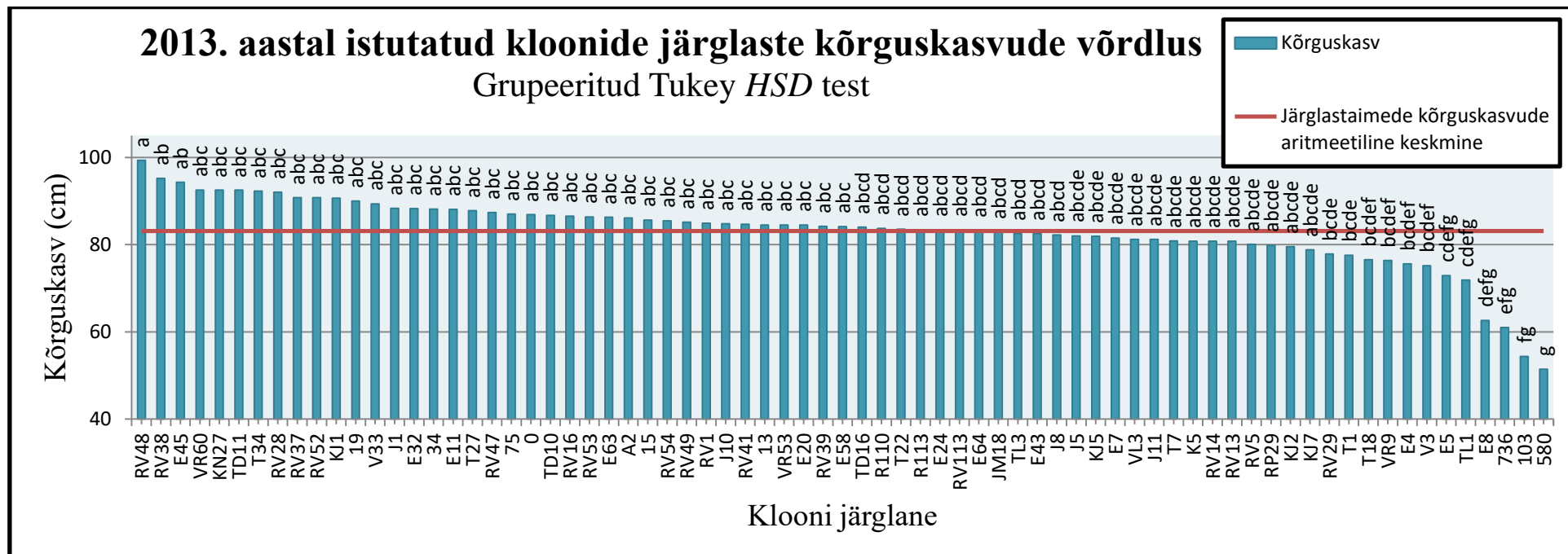
**Joonis 8.** 2012. aastal istutatud järglaskondade kõrguskasvude võrdlus grupeeritud Tukey HSD testiga



Parimat kõrguskasvu 2012. aastal istutatud järglastaimede hulgas näitas järglaskond T20 (Lisa 1) – 125,09 cm. Järglaskonna T20 kõrgus osutus statistiliselt erinevaks järgmiste järglaskondadega - 0 (99,23 cm), O2 (99,04 cm), P3 (97,31 cm), RP25 (93,85 cm), K13 (93,56 cm), K16 (93,33 cm), 3 (92,36 cm), 6 (91,89 cm), S9 (91,32 cm), 9 (90,29 cm), P10 (88,53 cm), 11 (88,37 cm), 23 (88,27 cm), K7 (85,76 cm), 8 (84,20 cm) ja S21 (84,08 cm). Järglaskonnad tähistusega „ab“ ei osutunud oluliselt erinevaks ( $p>0,05$ ).

### **3.3.2 2013. aastal istutatud järglaskondade kõrguskasvude võrdlus**

RMK hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) selektsiooniprogrammi 2013. aastal istutatud järglaskondade kõrguskasvude võrdlemiseks kasutati grupeeritud Tukey testi. Järglaskonnad, mis ei oma tulba päises sama tähte on üksteisest statistiliselt oluliselt ( $p<0,05$ ) erinevad (Joonis 9) . Parimat kõrguskasvu 2013. aastal istutatud järglastaimedest näitas RV48 järglaskond (Lisa 1) – 99,32 cm. Järglaskonnast RV48 oluliselt ( $p<0,05$ ) erinevaks osutusid järglaskonnad RV29 (77,88 cm), T1 (77,60 cm), T18 (76,57 cm), VR9 (76,37 cm), E4 (75,59 cm), V3 (75,20 cm), E5 (72,9 cm), TL1 (71,86 cm), E8 (62,6 cm), 736 (60,98 cm), 103 (54,38 cm) ja 580 (51,45 cm). Järglaskondadest RV38 ja E45 oluliselt ( $p<0,05$ ) erinevaks osutusid E5 (72,9 cm), TL1 (71,86 cm), E8 (62,6 cm), 736 (60,98 cm), 103 (54,38 cm) ja 580 (51,45 cm). Järglaskonnad tähistusega „abc“ olid oluliselt erinevad järglaskondadest E8 (62,6 cm), 736 (60,98 cm), 103 (54,38 cm) ja 580 (51,45 cm). Järglaskonnad tähistusega „abcd“ olid oluliselt ( $p<0,05$ ) erinevad vaid järglaskondadest 736 (60,98 cm), 103 (54,38 cm) ja 580 (51,45 cm). Kõik ülejäänud tähistused erinesid vaid kahest või ühest järglaskonnast.

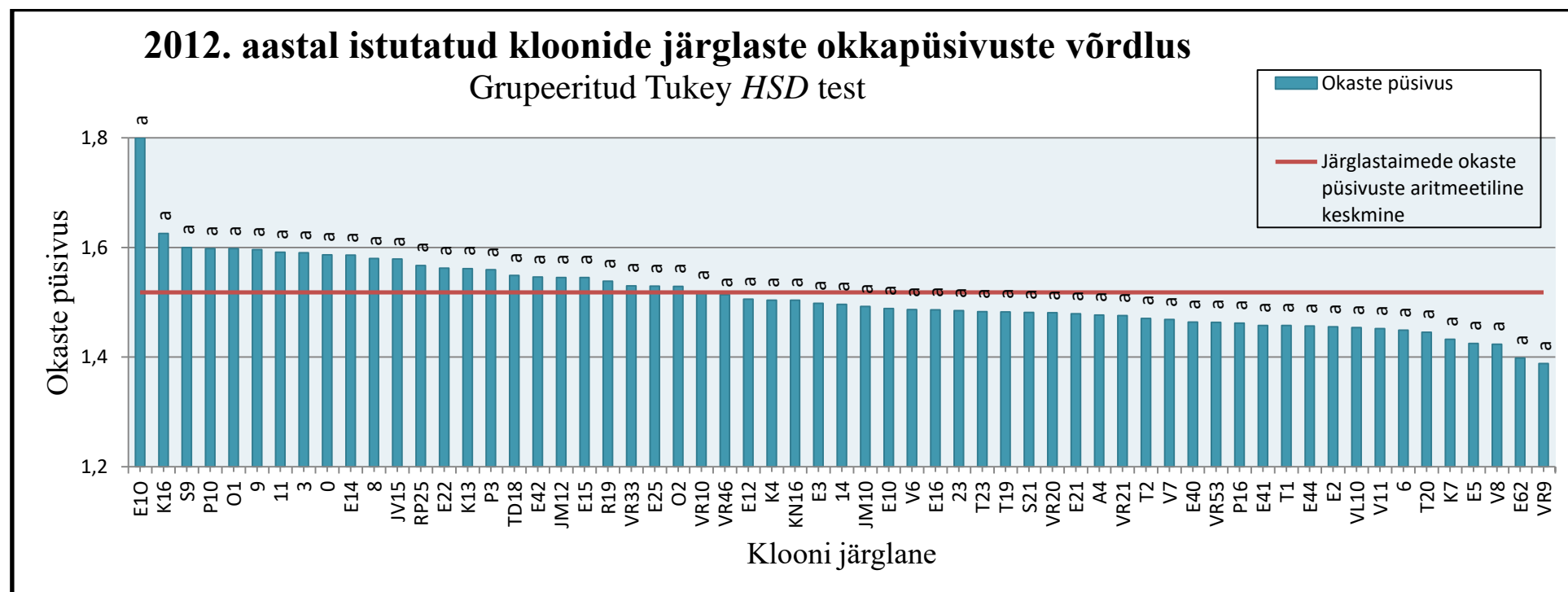


**Joonis 9.** 2013. aastal istutatud järglaskondade kõrguskasvude võrdlus grupeeritud Tukey *HSD* testiga

### 3.4 Okastiku püsivus järglaskondade lõikes

#### 3.4.1 2012. aastal istutatud järglaskondade okastiku püsivuse võrdlus

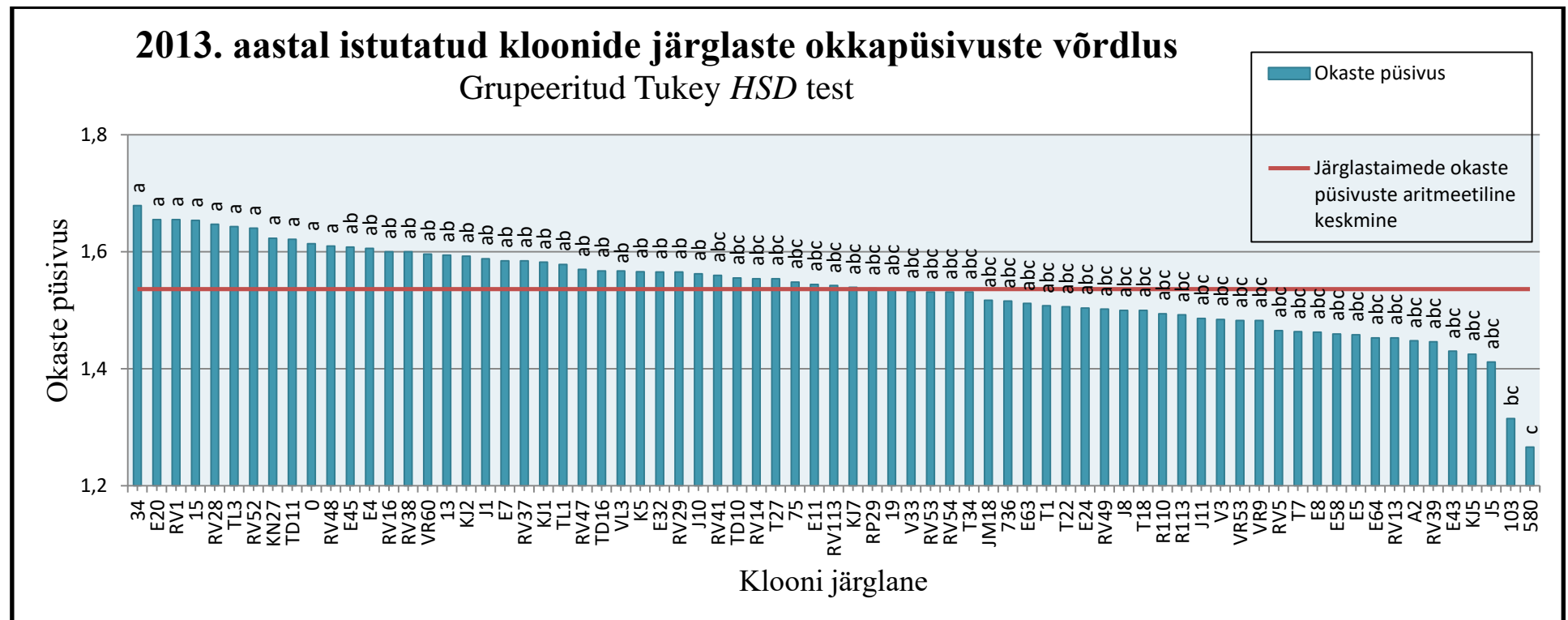
RMK hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) selektsiooniprogrammi 2012. aastal istutatud järglaskondade okastiku püsivuste võrdlemiseks kasutati grupeeritud Tukey testi (Joonis 10). Järglaskonnad, mis ei oma tulba päises sama tähte on üksteisest statistiliselt oluliselt erinevad ehk 2012. aastal istutatud järglaskondade okaste püsivus oluliselt ei erinenud ( $p>0,05$ ).



**Joonis 10.** 2012. aastal istutatud järglaskondade okaste püsivuste võrdlus grupeeritud Tukey HSD testiga

### 3.4.2 2013. aastal istutatud järglaskondade okastiku püsivuse võrdlus

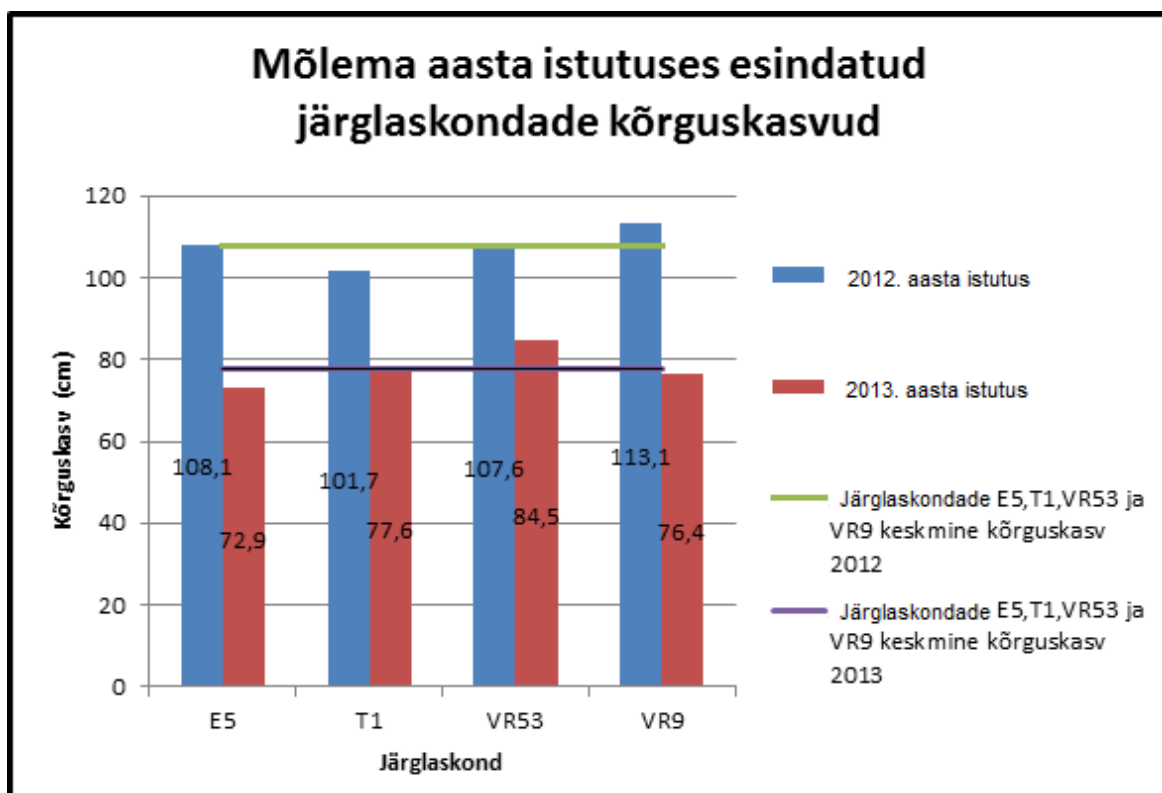
RMK hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) selektsiooniprogrammi 2013. aastal istutatud järglaskondade okastiku püsivuste võrdlemiseks kasutati grupeeritud Tukey testi (Joonis 11). Järglaskonnad, mis ei oma tulba päises sama tähte on statistiliselt oluliselt ( $p < 0,05$ ) erinevad. Järglaskondadest tähisega „a“ kujunesid oluliselt erinevaks järglaskonnad 103 ja 580. Järglaskondadest tähisega „ab“ erines vaid järglaskond 580.



**Joonis 11.** 2013. aastal istutatud järglaskondade okaste püsivuste võrdlus grupeeritud Tukey HSD testiga

### 3.5 Mõlema aasta istutuses esindatud järglaskondade kõrguskasvud

Järglaskonnad, mis on esindatud nii 2012. kui ka 2013. aasta istutustes (E5, T1, VR53, VR9) on kasvanud viie vegetatsiooniperioodiga väga erinevate kasvukiirustega. Mõlema aasta istutuses esindatud järglaskondade kõrguskasvude erinevusi võrreldi *Student*'i kahe valimi T-testiga. Andmete võrdlemisel ilmnnes, et kõik mõlema aasta istutuses esindatud järglaskonnad (E5, T1, VR53, VR9) on statistiliselt oluliselt ( $p < 0,05$ ) erinevalt kasvanud. Paremini on järglaskonnad kasvanud just 2012. aasta istutuses – E5 (108,1 cm); T1 (101,7 cm); VR53 (107,6 cm) ja VR9 (113,1 cm). Aasta 2013 istutuses on samade kloonide järglastaimed kasvanud viie vegetatsiooniperioodiga vaid - E5 (72,9 cm); T1 (77,6 cm); VR53 (84,5 cm) ja VR9 (76,4 cm).



**Joonis 12.** Viie vegetatsiooniperioodi järel hinnatud järglaskondade kõrguskasvud, mis on esindatud nii 2012. kui ka 2013. aasta istutuses

### 3.6 Katseala asukoha mõju okkahaiguste esinemisele

Katsealast okkahaigustele tuleneva mõju uurimiseks kasutati Pearsoni  $X^2$ - testi. Katseala mõju loeti oluliseks, kui  $p < 0,05$  ja  $X^2$  – statistik omandas suurema väärtuse kui kriitiline väärtus. Tabelis (Tabel 1) toodi välja ainult oluliseks ( $p < 0,05$ ) osutunud seosed.

Männipudetõvesse (*Lophodermium seditiosum*) nakatumine sõltub katsealast ( $p < 0,05$ ). Enim männipudetõve nakkusega taimi oli just Nohipalo katsealal, koguni 74,8 % 2012. aasta istutusel ja 55,4 % 2013. aasta istutusel. Kõige väiksem männipudetõve kahjustus oli 2012. aasta istutusel just Tarumaa katsealal, kus kahjustatud taimi oli 32,2% ja 2013. aasta istutusel Pärnassaare katsealal, kus kahjustatud taimi oli 33,8%. Teise aasta okaste punavöötaudi (*Dothistroma septosporum*) nakatumine sõltub samuti katsealast ( $p < 0,05$ ). Punavöötaudi nakkust teise aasta okastelt avastati enim 2012. aasta istutusel just Nohipalo katsealalt – 19,9 % ja 2013. aasta istutusel Pärnassaare katsealalt, kus punavöötaudi sümptomitega järglastaimi oli koguni 20%. *Diplodia sapinea* kahjustus 2012. aastal istutatud järglastaimede tippvõrsetel sõltus katsealast ( $p < 0,05$ ). Enim kahjustatud taimi oli Mändjala katsealal – 1,3 %. Pärnassaare ja Tarumaa katsealalt 2012. aasta istutuselt *Diplodia sapinea* kahjustusi ei avastatud. *D. sapinea* kahjustused 2013. aastal istutatud järglastaimede külgvõrsetel sõltusid samuti katsealast ( $p < 0,05$ ). Enim 2013. aastal istutatud järglastaimede kahjustatud võrseid avastati Tarumaa katsealalt – 1,3 %. Valgevöötaudi (*Cyclaneusma minus*) nakatumine, 2012. aastal istutatud järglastaimede hulgas, oli ka sõltuv katsealast ( $p < 0,05$ ). 2012. aastal istutatud järglastaimede hulgas oli enim valgevöötaudi sümptomitega taimi just Mändjala katsealal. Valgevöötaudi sümptomitega järglastaimi 2012. aasta istutusel Nohipalo ja Pärnassaare katsealadelt ei avastatud.

Katseala mõju ei osutunud oluliseks ( $p > 0,05$ ) järgmiste haigushinnangute osas: punavöötaud esimese ehk jooksva aasta okastel, punavöötaud kogu võras, tippvõrsete kahjustus 2013. aasta istutusel, külgvõrsete kahjustus 2012. aasta istutusel, võrselaik ning vaigujooks jooksva aasta võrsel ja valgevöötaud 2013. aasta istutusel.

**Tabel 1.** Katseala mõju okkahaigustele ja haigushinnangud katsealade lõikes. Katseala mõju loetakse oluliseks, kui  $p < 0,05$

	Männi-pudetõbi ( <i>Lophodermium seditiosum</i> )				Punavöötaud teise aasta okastel ( <i>Dothistroma septosporum</i> )				Tippvõrse kahjustus ( <i>Diplodia sapinea</i> )		Külgvõrse või võrsete kahjustus, ka kolletuv ja longus võrse ( <i>Diplodia sapinea</i> )		Valgevöötaud ( <i>Cyclaneusma minus</i> )	
	2012. aasta järglastaimed (tk)		2013. aasta järglastaimed (tk)		2012. aasta järglastaimed (tk)		2013. aasta järglastaimed (tk)		2012. aasta järglastaimed (tk)		2013. aasta järglastaimed (tk)		2012. aasta järglastaimed (tk)	
	TERVE	HAIGE	TERVE	HAIGE	TERVE	HAIGE	TERVE	HAIGE	TERVE	HAIGE	TERVE	HAIGE	TERVE	HAIGE
Mändjala	528 (67,6 %)	253 (32,4 %)	508 (53,2 %)	447 (46,8 %)	700 (89,6 %)	81 (10,4 %)	852 (89,2 %)	103 (10,8 %)	771 (98,7 %)	10 (1,3 %)	955 (100%)	0	772 (98,8 %)	9 (1,2 %)
Nohipalo	196 (25,2 %)	581 (74,8 %)	431 (44,6 %)	536 (55,4 %)	622 (80,1 %)	155 (19,9 %)	782 (80,9 %)	185 (19,1 %)	774 (99,6 %)	3 (0,4 %)	964 (99,7 %)	3 (0,3 %)	777 (100 %)	0
Pärnassaare	461 (59,1 %)	319 (40,9 %)	643 (66,2 %)	328 (33,8 %)	685 (87,8 %)	95 (12,2 %)	777 (80,0 %)	194 (20 %)	780 (100 %)	0	963 (99,2 %)	8 (0,8 %)	780 (100 %)	0
Tarumaa	517 (67,8 %)	245 (32,2 %)	544 (57,8 %)	397 (42,2 %)	678 (88,9 %)	84 (11,1 %)	772 (82,0 %)	169 (18 %)	762 (100 %)	0	929 (98,7 %)	12 (1,3 %)	760 (99,7 %)	2 (0,3 %)
Kriitiline väärtus ( $df = 3$ )	7,81		7,81		7,81		7,81		7,81		7,81		7,81	
$\chi^2$ - statistik	384,43		96,02		39,63		36,01		20,38		15,14		19,78	
p-väärtus	< 0,05		< 0,05		< 0,05		< 0,05		< 0,05		< 0,05		< 0,05	

### 3.7 Okkahaiguste seos järglaskatse faktoritega

#### 3.7.1 2012. aastal istutatud järglaskondade okkahaiguste seos järglaskatse faktoritega

Okkahaiguste ja katse faktorite (kõrguskasv, okaste püsivus, katseala, emapuu mõju ning katseala - emapuu koosmõju) vaheliste seoste otsimisel kasutati logistilist regressiooni. Okkahaiguste ja katse faktorite omavahelise seose mõju loeti oluliseks, kui  $p < 0,05$ . Järglaskondade kõrguskasvu, 2012. aasta istutusel, statistiliselt oluliselt ( $p < 0,05$ ) negatiivselt mõjutavad okkahaigused olid nii männipudetõbi, punavöötaud teise aasta okastel kui ka *D. sapinea* tippvõrsetel. Okaste püsivust, 2012. aasta istutusel, oluliselt negatiivselt mõjutavateks okkahaigusteks olid männipudetõbi, punavöötaud teise aasta okastel, punavöötaud kogu võras, *D. sapinea* tippvõrsetel kui ka valgevöötaud. Männipudetõve, punavöötaudi teise aasta okastel, *D. sapinea* tippvõrsetel – külgokstel ja valgevöötaudi esinemine 2012. aastal istutatud järglaskondadel oli oluliselt mõjutatud katsealast. Emapuu mõju okkahaiguste levikul kujunes statistiliselt oluliseks ( $p < 0,05$ ) ainult männipudetõve puhul. Okkahaigusi katseala ja emapuu koosmõju statistiliselt oluliselt ei mõjutanud ( $p > 0,05$ ). Lisa hindamiskriteeriumina on tabelis välja toodud „AIC“ ehk Akaike informatsiooni kriteerium.

**Tabel 2.** Okkahaiguste seos järglaskatse faktoritega. Okkahaiguste ja katse faktorite omavahelise seose mõju loetakse oluliseks, kui  $p < 0,05$

2012. aastal istutatud järglaskonnad		Järglaskatse faktorid ja nende mõju olulisuse tõenäosus (p-väärtus)				
Patogeen	AIC <sup>1</sup>	Kõrguskasv	Okaste püsivus	Katseala	Emapuu mõju	Katseala: emapuu koosmõju
Männi-pudetõbi ( <i>Lophodermium seditiosum</i> )	3095	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0.0007	0.1289



Punavöötaud teise aasta okastel ( <i>D. septosporum</i> )	2500	0.0026	<0,0001	<0,0001	0.7695	0.0749
Punavöötaud kogu võras ( <i>D. septosporum</i> )	498.7	0.2599	0.0189	0.4400	1	1
<i>Diplodia sapinea</i> tippvõrsetel	564.9	0.0006	0.0028	0.0044	0.9559	1
<i>Diplodia sapinea</i> külgvõrsetel	579.7	0.2892	0.1392	0.0293	0.9424	1
Valgevöötaudi ( <i>Cyclaneusma minus</i> )	555.6	0.1233	0.0244	0.0003	0.9514	1
Võrselaik ja vaigujooks jooksva aasta võrsel	544.7	0.9545	0.2538	0.0876	0.9993	1

<sup>1</sup> AIC on arvväärts, mis on arvatud iga mudeli jaoks individuaalselt ja see sõltub nii mudeli sobivusest andmetega [väljendatuna läbi tõepära (*likelihood*)] kui ka mudeli keerukusest. Võrreldavatest mudelitest parimaks peeti sellist, mille AIC väärtus oli väikseim.

### 3.7.2 2013. aastal istutatud järglaskondade okkahaiguste esinemise seos järglaskatse faktoritega

Okkahaiguste ja katse faktorite (kõrguskasv, okaste püsivus, katseala, emapuu mõju, katseala: emapuu koosmõju) vaheliste seoste otsimisel kasutati logistilist regressiooni. Okkahaiguste ja katse faktorite omavahelise seose mõju loeti oluliseks, kui  $p < 0,05$ . Järglaskondade kõrguskasvu, 2013. aasta istutusel, statistiliselt oluliselt negatiivselt mõjutavad okkahaigused olid männipudetõbi ja *D. sapinea* tippvõrsel. Okaste püsivust,

2013. aasta istutusel, oluliselt negatiivselt mõjutavateks okkahaigusteks olid männipudetõbi, punavöötaud teise aasta okastel, punavöötaud kogu võras, *D. sapinea* tippvõrsetel kui ka *D. sapinea* külgvõrsetel. Katsealast statistiliselt oluliselt ( $p < 0,05$ ) mõjutatud okkahaigused olid männipudetõbi, punavöötaud teise aasta okastel ja *D. sapinea* külgvõrsetel. Emapuu mõju okkahaiguste levikul kujunes statistiliselt oluliseks ( $p < 0,05$ ) ainult männipudetõve puhul. Katseala-emapuu oluline ( $p < 0,05$ ) koosmõju tuli esile ainult männipudetõve puhul. Lisa hindamiskriteeriumina on tabelis välja toodud „AIC“ ehk *Akaike* informatsiooni kriteerium.

**Tabel 3.** Okkahaiguste seos järglaskatse faktoritega. Okkahaiguste ja katse faktorite omavahelise seose mõju loetakse oluliseks, kui  $p < 0,05$

2013. aastal istutatud järglaskonnad		Järglaskatse faktorid ja nende mõju olulisuse tõenäosus (p-väärtus)				
Patogeen	AIC <sup>1</sup>	Kõrguskasv	Okaste püsivus	Katseala	Emapuu mõju	Katseala: emapuu koosmõju
Männi-pudetõbi ( <i>Lophodermium seditiosum</i> )	3360	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0.0034	0.0174
Punavöötaud teise aasta okastel ( <i>D. septosporum</i> )	3474	0.3211	<0,0001	<0,0001	0.2328	0.1399
Punavöötaud kogu võras ( <i>D. septosporum</i> )	596,9	0.21784	0.0420	0.11784	1	1
<i>Diplodia sapinea</i> tippvõrsetel	627,4	0.0077	0.0007	0.6588	0.9998	1
<i>Diplodia sapinea</i> külgvõrsetel	738,2	0.8048	0.0165	0.0002	0.7497	1
Valgevöötaudi ( <i>Cyclaneusma minus</i> )	594,9	0.7532	0.8760	0.4154	1	1

Võrselaik ja vaigujooks jooksva aasta võrsel	603,8	0.4482	0.5309	0.3873	1	1
---	-------	--------	--------	--------	---	---

<sup>1</sup> AIC on arvvärtus, mis on arvutatud iga mudeli jaoks individuaalselt ja see sõltub nii mudeli sobivusest andmetega [väljendatuna läbi tõepära (*likelihood*)] kui ka mudeli keerukusest. Võrreldavatest mudelitest parimaks peeti sellist, mille AIC väärtus oli väikseim.

## 4 ARUTELU JA JÄRELDUSED

Meie metsavarud koosnevad erinevatel kasvukohtadel kasvavatest erinevate geneetiliste omadustega puudest, seetõttu on populatsioonide elujõulisuse seisukohast oluline teada puistute geneetilist varieeruvust ja majanduslikust aspektist puude genotüübi väärtust, mis metsakasvataja jaoks seisneb puu suuremas produktiivsuses, paremas fenotüübis ning võimalik, et ka suuremas haiguskindluses (Maaten, Kurm 2010b). Põhjamaade praktika kohaselt on Eestis majanduslikult suurimat tähtsust omavatest puuliikidest selektsioon kõige efektiivsemaid tulemusi näidanud, peale arukase (*Betula pendula*), just hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) järglaskatsetel. Plusspuude järglaste tagavara on keskmiselt 10 – 15 % suurem kui puistust pärit algmaterjalist kasvatatutel (Maaten 2011). Seda kinnitab ka prof. E. Pihelgase juhtimisel Järveljale rajatud järglaskultuuride hilisem analüüs. Uurimuse käigus avastati, et plusspuude järglaspuistud on ületanud nii üksikpuude järglasi kui ka segapartiidest kasvatatud puistuid kõikide takseertunnuste (keskmine kõrgus, rinnasdiameeter, rinnaspindala ja tüvemaht) osas (Kurm *et al.* 2009). Käesolevas uurimustöös oli puude noorest east tulenevalt takseertunnustest vaatluse all ainult puude kõrguskasv. Järglaskondade kõrguskasvude võrdlemisel tuli samuti esile olulisi ( $p < 0,05$ ) erinevusi, mis viitavad plusspuude järglaste paremale kõrguskasvule võrreldes kontrolltaimedega. Näiteks, 2012. aasta istutusel oli kõrgeim järglaskond T20 oluliselt kõrgem istutatud nulltaimedest 0 ja 02 ( $p < 0,05$ ). 2013. aasta istutusel aga kõrgeimaks kasvanud järglaskondade RV48 ja RV38 olulist erinevust nulltaimedest tõestada ei suudetud ( $p > 0,05$ ). Samuti ei loetud testi tulemustel oluliseks paljude 2012. aastal istutatud järglaskondade omavahelise kõrguskasvu erinevusi ( $p > 0,05$ ), kui ka mitmete 2013. aastal istutatud järglaskondade kõrguskasvu erinevusi, kuigi kohati erines kõrguskasv üle 20%. Kuid kõrguskasvude hindamisel järglaskatsetel tuleb veel arvesse võtta teisigi faktoreid nagu puude omavaheline konkurents (Haapanen 1992). Oodatust väiksemaks kujunenud erinevus järglaskondade kõrguskasvude võrdluses võib tuleneda just taimede noorest east, mil taimede omavaheline konkurents valgusele ja toitainetele on veel tagasihoidlik (Coomes, Allen 2007). Kõik kloonide järglased, mis on esindatud nii 2012. kui ka 2013. aasta istutustes, on viie vegetatsiooniperioodiga tunduvalt paremini kasvanud just 2012.

aasta istutuses. Vaadeldes okastiku püsivust ja haigushinnanguid ei paista, et just need tegurid oleks selliste erinevuste põhjustajaks, kuid haiguste hinnanguid on tehtud vaid üks kord ja 2016. aasta sügisel. Nähtav muster katseala geograafilise asukoha olulisest ( $p < 0,05$ ) mõjust järglaskondade kasvule tuli esile just katsealavaheliste kõrguskasvude keskmiste võrdlemisel - kõige kehvemini kasvanud puud 2012. ja 2013. aasta istutuses olid just Mändjala katsealal ning kõige paremini kasvanud puud Nohipalo katsealal. Kuid siinkohal tuleb silmas pidada, et hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) pikemaajalisel kasvatamisel väikeses geograafilises piirkonnas pole soovitatav teha järglaste valikut kõrguskasvu alusel mitte varem kui 15-20 aasta vanuses (Lindgren 1994). Siiski on oluline omada ülevaadet just noores eas kiiresti kasvavatest ja seega haiguskindlamatest järglastaimedest, sest see näitab tagasihoidlikumat nakatumist haigustesse ning seega ka taimed metsas kasvavad kiiremini ümbritsevatest rohttaimedest välja ja sellevõrra on kultuuride hooldus odavam. Katsekultuurides taimi ümbritsevad rohttaimed takistavad liikuvat õhuvoolu, hoides mikrokliimat niiskemana ja soodustades sellega patogeenide nagu punavöötaud (*Dothistroma septosporum*) levikut (Brown 2003). Varasemalt on teada, et kõrguskasvu mõjutab ka okaste püsivus. Käesolevas uurimustöös oli vaatluse all 2012. ja 2013. aastal istutatud järglaskondade okastiku püsivus. 2012. aastal istutatud järglaskondade okaste püsivuse võrdlemisel olulisi erinevusi ei esinenud ( $p > 0,05$ ), samuti olid 2013. aastal istutatud järglaskondade omavahelised erinevused okastiku püsivuses marginaalsed. Kuid oluliselt ( $p < 0,05$ ) erinev oli okastiku püsivus just katsealade vahel. Nimelt, Mändjala, Nohipalo, Pärnassaare kui ka Tarumaa katsealade keskmised okaste püsivused 2013. aasta istutatud järglaskondade hulgas olid üksteisest oluliselt erinevad ( $p < 0,05$ ). Tulemus oli sarnane 2012. aasta istutatud järglaskondade hulgas, välja arvatud Mändjala ja Pärnassaare katsealade okaste püsivus, mis üksteisest oluliselt ei erinenud ( $p > 0,05$ ). Kuid parima kõrguskasvude keskmisega katseala, nii 2012. kui ka 2013. aasta istutuses, on just Nohipalo, ent antud katsealal on hinnatud ka madalaim okastiku püsivus nii 2012. aastal kui ka 2013. aastal istutatud järglaskondade seas. Siinkohal peab arvestama, et pea alati on näidatud, et seosed okkakao ja puu juurdekasvu vahel on olemas, kuid neid ei saa nimetada põhjuslikeks. Põhjuslikeks saab neid nimetada alles siis, kui okkakao üldhulgast on välja arvatud puu juurdekasvu otseselt mittetoetavate okaste hulk. Nimelt määratleb puu juurdekasvu just produktiivne, antud aastal puu juurdekasvu „toitev“, okastik. Produktiivseks okastikuks loetakse just eelmisel ja üle-eelmisel aastal sündinud, s.t. teise ja kolmanda aasta okkaid. On välja arvatud, et 50% okkakadu

nimetatud okkaklassides kokku vähendas puude antud aasta kõrguskasvu 34,8% võrra (Drenkhan, Hanso 2012; Drenkhan 2011). Lisaks on arvatud, et haiguste, putukkahjurite, ilmastiku ekstreemsuste või mõne muu teguri poolt põhjustatud okkakadu ei kajastu kõrguskasvudes samal aastal. Isegi väga laiaulatuslik okkakadu ei põhjusta kohest puude kõrguskasvu vähenemist, vaid see ilmneb ligikaudselt kahe aastase nihkega (Ericsson *et al.* 1980). Kuid hiljutised avastused on täheldanud ka kohest kõrguskasvu pidurdumist näiteks männipudetõve epideemia-aastal ja sellele järgneval kahel aastal, vastavalt 18%, 13% ja 17% (Hanso, Drenkhan 2012). Vähenev kõrguskasv peale suurt defoliatsiooni on proportsionaalne just kadudega produktiivses okastikus (Langström *et al.* 2001; Plattner *et al.* 1999).

Kui välja jätta taime füsioloogiast tulenev okaste väljalangemine ja vahetumine, on defoliatsioon peamiselt põhjustatud just okka- ja võrsehaiguste ning putukate poolt. On uuritud, et just noorematel (vanuses 3 – 11) taimedel on männi-pudetõve poolt põhjustatud okkakadu olnud suurem, kui putukate poolt põhjustatud okkakadu (Hanso, Drenkhan 2012). Seetõttu olid antud uurimustöös vaatluse all okkahaigused ja nende mõju järglastaimedele. Katseid saavutada suuremat puude resistentsust seenhaiguste vastu ei ole tänaseni saanud suur edu, kuid just resistentsemate taimede selektsioon metsaselektsiooni programmides võib vähendada tulevase kultiveerimismaterjali vastuvõtlikkust haigustele (Eriksson *et al.* 2013). Seenhaiguste mõju metsapuudele võib tulevikus oluliselt kasvada uute invasiivsete liikide saabumisega või olemasolevate haiguste mõju kasvades (Drenkhan, Hanso 2009). Suur defoliatsiooni põhjustaja noortes männikutes ja taimlates on männipudetõbi (*Lophodermium seditiosum*) (Hanso, Drenkhan 2012), mille epideemiad ilmnevad Eestis regulaarselt, kuid mitte kindlate intervallidega (Hanso, Drenkhan 2007). Antud uurimustöö käigus avastati enim männi-pudetõbe Nohipalo katsealalt, kus 2012. ja 2013. aastal istutatud taimedest olid haigustekitajaga nakatunud vastavalt 74,8% ja 55,4% järglastaimedest. Uurides männi-pudetõve mõju 2012. ja 2013. aastal istutatud järglaskondadele, tuli esile haigustekitaja oluline ( $p < 0,05$ ) negatiivne mõju järglaskondade kõrguskasvudele. Oluline seos leiti veel männi-pudetõve ja teiste faktorite nagu: okaste püsivus, katseala ja emapuust tulenev mõju vahel. 2013. aastal istutusel tuli esile veel katsealast ja emapuust tulenev oluline ( $p < 0,05$ ) koosmõju. Emapuust tulenev oluline ( $p < 0,05$ ) mõju okkahaiguste levikule tuli uurimise all olevatest haigustest esile ainult männi-pudetõbe puhul, mis siiski viitab selektsiooni potentsiaalile haiguskindlamate

järglaste leidmisel. Katsealadel, kuid eriti Nohipalo kastalal, esinenud madal okastiku püsivus vihab hiljutistele epideemiapuhangutele (2015. ja 2016. aastal). Sellele viitab ka rohke männi-pudetõve viljakehade hulk järglastaimedel, mis annab märku, et tegu on seenele sobiva aastaga (Tabel 1). Varasemad teadaolevad männi-pudetõve epideemia aastad olid 2009 ja 2013 (Rein Drenkhan, Tiit Maaten suulised andmed). Männipudetõve pikaajaliseks keskmiseks esinemise sageduseks on hinnatud maksimaalselt 4,6 haiguspuhangut dekaadi kohta (Hanso, Drenkhan 2012). Epideemiliste haiguspuhangute järel on ka teistel patogeenidel lihtsam taime nakatada, viimased männi-pudetõve puhangud järglaskatsealadel võivad muuta suuremal hulgal stressis taimi substraadiks teistele kroonilistele haigustele, näiteks punavöötaudile (*Dothistroma septosporum*). Krooniline haigus punavöötaud on eriti ohtlik järglastaimedele kuna erinevalt epideemilistest haigustest, nagu männi-pudetõbi, mis epideemiate vahelisel aastatel suudab normaliseerida okaste produktsiooni, on punavöötaud kroonilise iseloomuga ehk haigusel vaheaastaid ei esine. Selliselt võib haigustekitaja aasta-aastalt hävitada taime produktiivse okastiku ja viia selle kiratsemise ja surmani (Drenkhan 2011). Kuigi punavöötaud teise aasta okastel ei sõltunud oluliselt järglaskonnast ( $p>0,05$ ) tuli esile haigustekitaja oluline ( $p<0,05$ ) negatiivne mõju kõrguskasvule 2012. aasta istutusel ja sõltuvus katsealast mõlema aasta istutusel. Uurimustöö käigus avastati punavöötaudi sümptomitega järglastaimi 2012. aasta istutusel Nohiplao katsealalt 19,9% ja 2013. aasta istutusel Pärnassaare katsealalt 20%. Oluline ( $p<0,05$ ) seos mõlema aasta istutusel esines veel punavöötaud teise aasta okastel ja okastiku püsivuse vahel. Punavöötaud jooksva aasta okastel mõju faktoritele (kõrguskasv, katseala, emapuu mõju, katseala-emapuu koosmõju) ei osutunud valimi väiksuse tõttu usaldusväärselt mõõdetavaks. Punavöötaud kogu võras avaldas olulist ( $p<0,05$ ) negatiivset mõju kõikidest faktoritest vaid okastiku püsivusele. Kuigi punavöötaudi esinemine esimese aasta okastel ja kogu võras osutus marginaalseks, ei saa alahinnata haigustekitaja tõsidust. Nimelt liigse stressi või häiringu korral aktiveerib harilik mänd säilitatud vanemad rohelised elusokkad, mis peavad aitama toita puu juurdekasvu (Drenkhan, Hanso 2012). Kuid *D. septosporum* ründabki neid juurdekasvu jaoks olulisemaid – teise ja kolmanda aasta okkaid (Drenkhan et al. 2006; Kurkela et al. 2009). Seetõttu võibki krooniline punavöötaud teise aasta okastel põhjustada okkakadu, millega kaasnev kahju võib kulmineeruda isegi suuremaks kui hooajaliste epideemiliste haiguste poolt tekitatud kahju (Drenkhan, Hanso, 2009). Kesk – Rootsis läbi viidud punavöötaudi (*D. septosporum*) leviku uuringul leiti, et harilikul männil (*Pinus sylvestris*

L.) punavöötaudi viljakehade tekkimine vanematel okastel sai alguse juba samal vegetatsiooniperioodil kui taimed istutati. See aga näitab, et aeg infektsioonist kuni viljakehad arenguni on oluliselt lühem just vanematel okastel. Erinevusi kahe erineva kasteala vahelistes haigussümptomite hinnangutes tõlgendati erinevast alustaimestikust ja sellest tulenevast mõjust, kus pikem alustaimestik takistas läbivat õhuvoolu, hoides kinni enam niiskust, tekitades sellega sobivad tingimused haigustekita levikuks. Samas nenditi, et taimed võisid olla juba varem nakatunud haigustekitajaga, kuid visuaalseid sümptomeid veel ei esinenud (Millberg *et al.* 2016). Suurbritannias läbi viidud uuringu tulemused olid sarnased. Leiti, et kõrgus ja punavöötaudi nakkuse tõsidus olid seotud vähesel määral, kuid siiski oluliselt ( $p < 0,05$ ). Nende uuringus tuli välja, et peremeestaime kõrguskasv mõjutas nakkuse tõsidust, kus haigustekitajaga nakatumine vähenes kõrguse kasvades. Fraser *et al.* 2015 leidis, et pikemad puud on jõulisemad ja sellega ka vähem vastuvõtlikud punavöötaudi nakkusele. Madalamate puude okastik on enam kokkupuutes niiskema, taime ümbritseva, mikrokliimaga ja lühemat kasvu puud on üldiselt suurema sekundaarsete infektsioonide rünnakute surve all. Lisaks hinnati vajalikuks suurendada järglaspopulatsioonide katseid, et hinnata haigustekitaja kohanemisvõimet (Fraser *et al.* 2015). Kuna RMK- hariliku männi selektsiooniprogrammi katsealadel on toimunud järjepidevad kultuurihooldused ja katsealad on valitud harilikule männile sobilike kasvutingimuste järgi (Maaten *et al.* 2016) ei saa väita, et just antud tegurid oleks katsealade vaheliste haigushinnangute erinevuste põhjustajateks. Põhjus võib peituda teadmises, et haigustekitaja areng on ebaregulaarne ja sõltub peamiselt kliimatilistest teguritest, nagu sademed ja temperatuur (Martinsson 1979). Näiteks männipudetõve (*Lophodermium seditiosum*) epideemiat võib esile kutsuda üksainult soojade ja liigniiskete sügiskuude esinemine (Viirik 1931). Eestis läbiviidud teadusuuringud näitasid, et kõrge sademete hulk juba Mais, Juunis ja hiljem suve teises pooles suutis stimuleerida männipudetõve kasvu ja levikut pakkudes selleks piisavas koguses niiskust (Hanso, Drenkhan 2012). Käesolevas uurimustöös tuli välja sarnane tulemus. Nohipalo katsealal oli enim männipudetõve haigussümptomitega taimi, 2012. aasta istutusel 74,8% ja 2013. aasta istutusel 55,4%. Just antud katsealal oli katsealadele lähimate meteoroloogia- ja rannikujaamade andmeteil eelmisel ja üle-eelmisel aastal, kalendrikuudel Mai kuni August, suurimal hulgal sademeid ja kõige soojem keskmine temperatuur (Lisa 2) (EMHI kliimakaardid 2017). *Diplodia sapinea* levik katsealadel on võrreldes punavöötaudiga teise aasta okastel ja männipudetõvega oluliselt vähem esinev (Tabel 1), kuid siiski *D. sapinea*



tippvõrsetel oluline ( $p < 0,05$ ) mõju kujunes negatiivseks kõrguskasvule ja okaste püsivusele. *D. sapinea* mõju külgvõrsetel kõrguskasvule olulist mõju ei avaldanud. Samuti kujunes *Diplodia sapinea* tippvõrsetel levik sõltuvaks katsealast 2012. aasta istutusel ja – külgvõrsetel 2013. aasta istutusel. Ohtlik on haigustekitaja järglastaimedel just seetõttu, et *D. sapinea* oskab ennast hästi varjata - siiani ei ole teada kui kaua *D. sapinea* võib endofüüdina puudes eksisteerida aga on täheldatud, et seenhaigus võib kiiresti muutuda patogeenseks pärast põuda (Stanosz *et al.* 2001). Kuigi on prognoositud, et Eestis läheb ilmastik tõenäoliselt niiskemaks, suureneb samal ajal ekstreemsete ilmastikunähtuste, nagu põudade, esinemise tõenäosus (Krivoglazova 2015) ja sellega ka oht *D. sapinea* levikuks. Kui antud haigustekitaja kahjustab puid ja selle oksti mitmel järjestikusel aastal, on ta võimeline surmama oksti kogu võra ulatuses ja põhjustada sellega juurdekasvu vähenemist ning isegi äärmuslikul juhul puu surma (Maresi *et al.* 2007). Ennetava abinõuna puude kaitseks on välja toodud taimede võimalike stressitekitajate minimaliseerimine, sest haiguse kulg on tõsisem taimedel, mis vaevlevad istutusjärgse stressi käes või taimele ebasoodsatest kasvutingimustest tulenevast stressist (Peterson 1977). Teadaolevad meetodid stressi ja sellega kaasneva *Diplodia sapinea* kahjustuse mõju vähendamiseks on taimlates puude varajane harvendamine ja haiguskindlamate männiliikide kasvatamine (Swart ja Wingfield 1991), kuid need meetodid antud järglaskatse kontekstis on raskesti, kui üldse, teostavad. Valgevöötaudi levik osutus küll 2012. aasta istutusel katsealast oluliselt sõltuvaks ( $p < 0,05$ ), kuid mõju ülejäänud faktoritele kujunes marginaalseks (Tabel 2). Siiani pole ühelgi juhul valgevöötaud Eestis ega viimastel aastatel ka väljaspool põhjustanud puudele märgatavaid kahjustusi (Hanso, Drenkhan 2008). Võrsetel esinevate erinevate laikude esinemise mõju tabelis 2 ja tabelis 3 välja toodud faktoritele oluliseks ei osutunud ( $p > 0,05$ ), kuid võrselaike võib katsealadel olla hinnatust rohkem - katsealadel olid paljud järglastaimede ladvad pritsitud repellendiga, mis muutis võrselaikude märkamise keerulisemaks.

## KOKKUVÕTE

Käesolevas uurimustöös hinnati 2012. ja 2013. aastal istutatud järglastaimede okastiku püsivust, haiguskindlust ja kõrguskasve RMK hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) selektsiooniprogrammi neljalal katsealal (Nohipalu, Tarumaa, Pärnassaare, Mändjala).

Katsealade kõrguskasvude keskmiste võrdlemisel tuli esile just katseala mõjust tingitud muster, kus parima kõrguskasvuga oli Nohipalo katseala nii 2012. kui ka 2013. aastal istutatud järglaskondade hulgas, olles teiste katsealade keskmistest kõrguskasvudest oluliselt suurem ( $p < 0,05$ ). Parima okastiku püsivusega katseala oli 2012. aasta istutusel Tarumaa ja 2013. aasta istutusel Pärnassaare. Kuid madalaim okastiku püsivus oli samuti just Nohipalo katsealal, kus oli järglaskondade parim keskmine kõrguskasv ehk ilmnes okastiku püsivuse oluline ( $p < 0,05$ ) negatiivne mõju kõrguskasvule. Põhjus võib peituda teadmises, et haigustekitaja poolt põhjustatud okkakadu ei kajastu kõrguskasvudes samal aastal.

Järglaskondade omavaheliste kõrguskasvude võrdlemisel tuli esile olulisi ( $p < 0,05$ ) erinevusi, mis viitavad plusspuude järglaste paremale kõrguskasvule võrreldes kontrolltaimedega. Näiteks, 2012. aasta istutusel oli kõrgeim järglaskond T20 oluliselt erinev istutatud nulltaimedest 0 ja 02 ( $p < 0,05$ ), ent 2013. aasta istutusel aga kõrgeimaks kasvanud järglaskondade RV48 ja RV38 olulist erinevust nulltaimedest tõestada ei suudetud ( $p > 0,05$ ). Järglaskondade omavaheliste okastiku püsivuste võrdluste tulemused kujunesid marginaalseteks.

Hinnates katseala mõju okkahaigustele, tuli esile katseala oluline ( $p < 0,05$ ) mõju enamuste haigustekitajate puhul. Okkahaiguste nagu männi-pudetõbi ja punavöötaud teise aasta okastel puhul võeti uurimuse käigus vastu sisukas hüpotees, ehk antud haigustekitajate esinemine järglastaimedel sõltus oluliselt ( $p < 0,05$ ) katsealast.

Uurimustööst selgus ka okka- ja võrsehaiguste mõju järglaskondade kõrguskasvule ja okastiku püsivusele. Männi-pudetõve puhul kujunes haigustekitaja negatiivne mõju statistiliselt oluliseks nii 2012. kui ka 2013. aastal istutatud järglaskondade kõrguskasvudele. Statistiliselt oluline ( $p < 0,05$ ) seos emapuust tulenevast mõjust okkahaiguste levikule tuli esile ainult männipudetõve puhul, teiste okkahaiguste puhul emapuu mõju ei osutunud oluliseks ( $p > 0,05$ ). Okkahaiguste ja katseala-emapuu vaheline koosmõju kujunes oluliseks ( $p < 0,05$ ) vaid 2013. aasta istutuse männipudetõve puhul, teistel juhtudel olulisi erinevusi ei esinenud ( $p > 0,05$ ).

Kliimamuutuste tagajärjel võivad Eestit ohustada siiani suure tähelepanuta jäänud patogeenid ning on tõenäoline, et juba valitsevate patogeenide epideemiad võivad sageda. Seetõttu on soovitatav jätkata tulevikus katsealadel patoloogilisi hinnanguid samade intervallidega nagu teostatakse plusspuude järglaste mõõtmisi. On tõenäoline, et sellised ülevaatlilikud hinnangud võimaldavad eristada haigustele resistentsemaid ja kiiremini kasvavaid järglastaimi juba noores eas, mis lihtsustaks ka edasist selektsiooni ja lõplike otsuste langetamist programmi lõppedes.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Aalto, T., Jalkanen, R., Kurkela, T. 2000.** Needle trace method. Metsanduslikud Uurimused 34, 75-78.
2. Aastaraamat **METS 2014.** Keskkonnaagentuur. Tallinn 2016, 242 lk.
3. **Arnold, A.E., Herre, E.A. 2003.** Canopy cover and leaf age affect colonization by tropical fungal endophytes: ecological pattern and process in *Theobroma cacao* (Malvaceae). *Mycologia* 95, 388-398.
4. **Barnes, I., Crous, P. W., Wingfield, B. D., Wingfield, M. J. 2004.** Multigene phylogenies reveal that red band needle blight of *Pinus* is caused by two distinct species of *Dothistroma*, *D. septosporum* and *D. pini*. *Studies in Mycology* 50, 551–565.
5. **Boateng, K., Lewis, K.J. 2015.** Spore dispersal by *Dothistroma septosporum* in northwest British Columbia. *Phytopathology* 105, 69-79.
6. **Bradshaw, R. E., 2004.** *Dothistroma* (red-band) needle blight of pines and the dothistromin toxin: a review. *Forest Pathology*. 34, 163–185.
7. **Brown, A., Rose, D., Webber, J. 2003.** Red band Needle Blight of Pine. Information Note. Edinburgh: Forestry Commission, 1-6.
8. **Brown, A., Webber, J. 2008.** Red band needle blight of conifers in Britain. Forestry commission research. Note 2, 1-8.
9. **Bulman, L.S., 1993.** *Cyclaneusma* needle-cast and *Dothistroma* needle blight in NZ pine plantations. *NZ. forestry*, 21-24.

10. **Coakley, S.M., Scherm, H., Chakraborty, S., 1999.** Climate change and plant disease management. *Annual Review of Phytopathology*, 37, 399-426.
11. **Coomes, D.A., Allen, R.B. 2007.** Effect of size, competition and altitude on tree growth. *Journal of ecology*, 95, 1084-1097.
12. **Diwani, S. A., Millar, C. S., 1987.** Pathogenicity of three *Lophodermium* species on *Pinus sylvestris* L. - *European Journal of Forest Pathology*, 17, 53-58.
13. **Doroguine, M. (1911).** A cryptogamic disease of pines. *Bulletin de la Société mycologique de France*, 27, 105-106. [In French].
14. **Drenkhan, R. 2011.** Okkajäljemeetodi kasutamisest männi okkahaiguste epidemioloogilises uurimustöös. Eesti Maaülikool, Metsandus- ja maaehitusinstituut, Metsakasvatuse osakond. Väitekiri filosoofiadoktori kraadi taotlemiseks. Tartu, 207 lk.
15. **Drenkhan, R., Adamson, K., 2013.** Perekond männi (*Pinus*) okkahaiguste lühimääraja. Tartu, 1-26. [[http://ph.emu.ee/~drenkhan/okas/manni\\_okkahaiguste\\_lyhimaaraja.pdf](http://ph.emu.ee/~drenkhan/okas/manni_okkahaiguste_lyhimaaraja.pdf)] (18.02.2017)
16. **Drenkhan, R., Hanso, M. 2012.** Uus mõiste Eesti metsanduses – produktiivne okastik. *Eesti mets*, 1, 26-28
17. **Drenkhan, R., Hanso, M., 2009.** Recent invasion of foilage fungi of pines (*Pinus* spp.) to the Northern Baltics. *Forestry Studies* 51, 49-64.
18. **Drenkhan, R., 2014.** Männi katsealade tervisliku seisundi hinnang ehk patoloogiline hinnang. Lühimääraja, Tartu, 6 lk.
19. **Eesti metsanduse arengukava aastani 2020.** Tallinn 2016, 1-39.

20. **Ericsson, A., Larsson, S., Tenow, O. 1980.** Effects of early and late season defoliation on growth and carbohydrate dynamics in Scots pine. *Journal of Applied Ecology*, 17, 747–769.
  
21. **Eriksson, G., Ekberg, I., Clapham, D. 2013.** *Genetics Applied to Forestry – An Introduction*. Third edition. Uppsala, Department of Plant Biology and Forest genetics, Swedish University of Agricultural Sciences, 1-208.
  
22. **Evans, H. C. 1984.** The genus *Mycosphaerella* and its anamorphs *Cercoseptoria*, *Dothistroma* and *Lecanosticta* on pines. London: Commonwealth Mycological Institute, *Mycological Papers*, 153, 1-102.
  
23. **Forest Europe Resolution S2 - Conservation of Forest Genetic Resources**, 1-2. [[http://www.foresteurope.org/docs/MC/strasbourg\\_resolution\\_s2.pdf](http://www.foresteurope.org/docs/MC/strasbourg_resolution_s2.pdf)] 10.03.2017
  
24. **Fraedrich, B.R., 2009.** *Diplodia* Tip Blight. Research laboratory technical report. The Bartlett tree research laboratories, 1-2.
  
25. **Fraser, S., Brown, A.V., Woodward, S. 2015.** Intraspecific variation in susceptibility to *dothistroma* needle blight within native Scottish *Pinus sylvestris*. *Plant pathology* 64, 864-870.
  
26. **Gibson, I.A.S., Christensen P.S., Munga, F.N., 1964.** First observations in Kenya of a foliage disease of pines, caused by *Dothistroma pini* Hulbary. *Commonwealth Forestry Review* 43, 31–48.
  
27. **Haapanen, M. 1992.** Effect of plot size and shape of the efficiency of progeny tests. *Silva Fenn*, 26, 201-209.
  
28. **Hanso, M., Drenkhan, R. 2008a.** First observations of *Mycosphaerella pini* in Estonia. – *New Disease Reports*. 17, 1- 8.
  
29. **Hanso, M., Drenkhan, R. 2008b.** Puna-, pruun- ja valgevöötaud Eestis. *Eesti Mets* (23)

3, 16-22.

30. **Hanso, M., Drenkhan, R. 2012.** *Lophodermium* needle cast, insect defoliation and growth responses of young Scots pines in Estonia. *Forest Pathology*, 42, 124–135.
31. **Hanso, M., Drenkhan, R., 2007.** Retrospective Analysis of *Lophodermium seditiosum* Epidemics in Estonia. – *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*. Special Edition, 31-45.
32. **Hanso, M., Hanso, S. 2003.** Seenhaiguste genees metsataimlates, -kultuurides ja puistutes. *Metsanduslikud Uurimused* 38, 74–84.
33. **Helander, M.L. 1995.** Responses of pine needle endophytes to air pollution. *New Phytologist*, 131, 223-229.
34. **Häggman, H., Sutela, S., Fladung, M., 2016.** Genetic engineering contribution to forest tree breeding efforts. *Forestry Sciences*, 82, 11-29.
35. **Ivory, M. H. 1994.** Records of foliage pathogens of *Pinus* species in tropical countries. – *Plant Pathology*, 43, 511–518.
36. **Jalkanen, R. 1998.** Fluctuation in the number of needle sets and needle shed in *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 13, 284-291.
37. **Jovaišenė, Z., Pavilionis, R. 2005.** *Mycosphaerella pini* is causing red band needle blight of pine in Lithuania (Pušinis rutulgrybis (*Mycosphaerella pini*) – raudunjuoestės spyglių degligės sukėlėjas Lietuvoje). – *Mūsų girios*, 5, 1 - 7.
38. **Kaplan, J.O., Krumhardt, K.M., Zimmermann, N., 2009.** The prehistoric and preindustrial deforestation in Europe. *Q. Sci. Rev*, 28, 3016–3034.
39. **Kohlstock, N., Scneck, H. 1992.** Scots pine breeding (*Pinus sylvestris* L.) at

- Waldsieverdorf and its impact on Pine management in the northeastern German lowland. – *Silvae Genetica*, 41, 174–180.
40. **Kont, A., Endjärv, E., Jaagus, J., Lode, E., Orviku, K., Ratas, U., Ravis, R., Suursaar, Ü. Tõnisson, H., 2007.** Impact of climate change on Estonian coastal and inland wetlands – a summary with new results. *Boreal Environment Research*, 12, 653–671.
  41. **Koskela, J., Vinceti, B., Dvorak, W., Bush, D., Dawson, I.K., , Loo, J., Kjaer E.D., Navarro, C., Padolina, C., Bordács, S., Jamnadass, R., Graudal, L., Ramamonjisoa L., 2014.** Utilization and transfer of forest genetic resources: A global review. *Forest Ecology and Management*, 333, 22–34.
  42. **Kowalczyk, J. 2005.** Comparison of phenotypic and genetic selection in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) single tree plot half-sib progeny tests. – *Dendrobiology*, 53, 45–46.
  43. **Krivoglazova, A., 2015.** Ekstreemsete ilmastikutingimuste ja kliimamuutuste mõju puittaimede talitlusele ja kasvule. Bakalaureusetöö, Tartu, 1-36.
  44. **Kurkela, T.; Drenkhan, R.; Vuorinen, M.; Hanso, M., 2009.** Growth response of young Scots pines to needle loss assessed from productive foliage. *Forestry Studies*, 50, 5–22.
  45. **Kurm, M., Tamm, Ü., Siimon, V., 1996.** Vegetatiivsed seemlad männi genofondi säilitajana. *Metsanduslikud uurimused XXVII*, Tartu, 47-61.
  46. **Kurm, M., Kiviste, A., Kaur, U., Maaten, T. 2009.** Kasvuomaduste erinevused hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) järglaskatsetes. *Metsanduslikud Uurimused (Forestry Studies)*, 50. Tartu, 84-97.
  47. **König, A.O., 2005.** Provenance research: evaluating the spatial pattern of genetic variation. In: Geburek, T., Turok, J. (Eds.), *Conservation and Management of Forest Genetic Resources in Europe*. Arbora Publishers, Zvolen, Slovakia, 275–333.



48. **Laas, E., 1987.** Dendroloogia. Tallinn: Valgus. 824 lk.
  
49. **Langlet, O., 1971.** Two hundred years genecology. *Taxon* 20, 653–722.
  
50. **Långström, B., Annala, E., Hellquist, C., Varama, M., Niemelä, P. 2001.** Tree mortality, needle biomass recovery and growth losses in Scots pine following defoliation by *Diprion pini* (L.) and subsequent attack by *Tomicus piniperda* (L.). – *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16, 342–353.
  
51. **Larkin, B.G., Hunt, L.S., Ramsey, P.W. 2012.** Foliar nutrients shape fungal endophyte communities in Western white pine (*Pinus monticola*) with implications for white-tailed
52. deer herbivory. *Fungal Ecology*, 5, 252- 260.
  
53. **Lindgren, D. 1994.** Prediction and optimization of genetic gain with regard to genotype x environment interaction. *Studia Forestalia Suecica*, 166, 15–24.
  
54. **Maaten, T. 2011.** Metsakultiveerimismaterjali tootmise ja kasutamise pikaajalised suunised. Eesti Vabariigi Keskkonnaministeeriumi ja Eesti Maaülikooli vahel 25.10.2011 sõlmitud lepingu nr 4-1.1/272 lõpparuanne. Tartu, 1-15.
  
55. **Maaten, T. 2012.** Metsaselektsooniprogrammide esimesi edusamme Eestis. Eesti mets. Nr. 3/2012.
  
56. **Maaten, T., Kurm, M. 2010a.** Metsageneetiliste ressursside majandamise tulevikuperspektiivid Eestis ja Euroopas. – *Metsanduslikud Uurimused*, 52, 72-87.
  
57. **Maaten, T., Kurm, M. 2010b.** Metsaselektsoon, osa teadmistepõhisest metsamajandusest. Eesti Mets 1/2010.
  
58. **Maaten, T., Vinkman, S., Peterson, A., 2016.** Hariliku männi katsekultuuride rajamise, ülevaatus ja analüüsimetoodika, 1-40.

59. **Maresi, G., Luchi, N., Pinzani, P., Pazzagli, M., Capretti, P. 2007.** Detection of *Diplodia pinea* in asymptomatic pine shoots and its relation to the Normalized Insolation index. – Forest Pathology, 37, 272–280.
60. **Martinsson, O. 1979.** Testing Scots pine for resistance to *Lophodermium* needle cast. Studia Forestalia Suecica, 150, 1-63.
61. **Mather, A., 2001.** The transition from deforestation to reforestation in Europe. In : Agricultural technologies and tropical deforestation, 3, 35-53.
62. **Mátyás, C., Ackzell, I., Samuel, C.J.A., 2003.** *Pinus sylvestris* - Technical guidelines for genetic conservation and use for Scots pine. EUFORGEN. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 6.
63. **Millberg, M., Hopkins, A.J.M., Boberg, J., Davydenko, K., Stenlid, J., 2016.** Disease development of *Dothistroma* needle blight in seedlings of *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta* under Nordic conditions, Forest Pathology, 46, 515-521.
64. **Minter, D. W., 1981.** *Lophodermium* on Pines. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1-54.
65. **Oliva, J., Stenlid, J., Martínez-Vilalta, J. 2014.** The effect of fungal pathogens on the water and carbon economy of trees: implications for droughtinduced mortality. New Phytologist, 203(4), 1028-1035.
66. **Peterson, G.W. 1977.** Infection, epidemiology, and control of *diplodia* blight of Austrian, ponderosa, and Scots pines. Phytopathology, 67, 511–514.
67. **Pihelgas, E. 1965.** Seemnete geograafilise päritolu mõju männiseemikute kasvule. Eesti Põllumajanduse Akadeemia teaduslike tööde kogumik. Tartu, 17-14.
68. **Pihelgas, E. 1971.** Hariliku männi selektsiooni alused ENSV tingimustes.

Doktoridissertatsioon. Käsikiri EMÜ metsakasvatuse instituudis. Tartu, 626.

69. **Pihelgas, E. 1973.** Hariliku männi seemnete kvaliteedi ja metsakultuuride kasvu olenevus emapuistute kasvukohast – Tartu, Eesti Põllumajanduse Akadeemia teaduslike tööde kogumik, 89, 5–7.
70. **Plattner, K., Volgger, W., Oberhuber, W., Mayr, S., Bauer, H. 1999.** Dry mass production in seedlings of Norway spruce infected by the needle rust *Chrysomyxa rhododendri*. – European Journal of Forest Pathology, 29, 365–370.
71. **Polmanis, K., Miežite, O., Baumanis, I., Lazdins A., 2016.** Impact of Needle cast damage on sanitary condition in young *Pinus sylvestris* stands in central Latvia. Research for Rural Development, 2, 41-47.
72. **Puidet, Britt 2014.** Bakalaureusetöö. Turberaie katsealal männi uuendust kahjustavad metsahaigused ning invasiivsete haigustekitajate monitooring. Tartu, 1-51.
73. **Relve, H., 2007.** Puude juurde. Tartu. Eesti Loodusfoto. 215 lk.
74. **Roht, U., 2013.** 90 tähtsamat okaspuud. Atlex. 252 lk.
75. **Stanosz, G.R., Blodgett J.T., Kruger E.L., 2001.** Water stress and *Sphaeropsis sapinea* as a latent pathogen of red pine seedlings. New Phytol, 149, 531–538.
76. **Swart, W. J., Wingfield, M. J. 1991.** The biology and control of *Sphaeropsis sapinea* on *Pinus* species in South Africa. Plant Disease, 75, 761-766.
77. **Zoebel, B.J., Talbert, J.T., 1984.** Applied forest tree improvement. 505.
78. **Tamm, Ü., 2001.** Mänd – vastupidavuse sümbol. Eesti loodus, 01/2001.

79. **Toim. Kalamees, K., Eesti seenestik. (2000).** Tartu: Eesti Põllumajandusülikooli Zooloogia ja Botaanika Instituut, 1-558.
80. **Tuskan, G. A., Williams C. G., 1989.** COMPARISON OF PLOT DESIGNS FOR SHORT-TERM GENETIC TRIALS. Tree Improvement and Genetics, Southern Forest Tree Improvement Conference, 242-249.
81. **White, T. L., Adams, W. T., Neale, D. B. 2007.** Genetic Testing-Mating Designs, field designs and test implementation. Forest Genetics, Trowbridge, Gromwell Press, 357–394.
82. **Viirok, E., 1931.** Notes about some enemies of forest plantations. Eesti Mets 8, 208-229.
83. **Villebonne, D., Maugard, F. 1999.** Rapid development of *Dothistroma* needle blight (*Scirrhia pini*) on Corsican pine (*Pinus nigra* subsp. *laricio*) in France. La Sante des Forets, Annual Report 1998, 30–32.
84. **Woods, A., Coates, K. D., Hamann, A. 2005.** Is an unprecedented *Dothistroma* needle blight epidemic related to climate change?, Bioscience, 55, 761–769.

# HEIGHT GROWTH AND ASSESSMENT OF NEEDLE AND SHOOT DISEASES IN SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) PROGENY TRIALS

Hendrik Sei

## SUMMARY

The aim of this thesis was to assess foliage retention, resistance to foliage diseases and height growth of trees in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) progeny trials, located in Nohipalo, Tarumaa, Pärnassaare and Mändjala. The collected data was collected from trees planted in years 2012 and 2013.

Assessing the differences in mean height growth between the test sites a firm pattern came out influenced by the impact of the test area. Highest mean height growth in both years plantings was in Nohipalo, being reliably ( $p < 0,05$ ) different from other locations. Nonetheless highest mean height growth did not grant highest foliage retention, altogether in Nohipalo lowest needle retention was observed in both year plantings – reason being, loss in foliage caused by pathogens may not affect height growth in the same year. The best foliage retention was observed in 2012 plantings in Tarumaa and in 2013 plantings in Pärnassaare test area. But ( $p < 0,05$ ) negative correlation was found between foliage retention and height growths – meaning, higher foliage retention did not grant higher growth.

Comparing height growth of the plus tree descendants a significant differences ( $p < 0,05$ ) occurred that allude to the better growth of the plus tree descendants compared to the regular test-trees. For example in 2012 plantings, height growth of the progenies of clone „T20“ was significantly ( $p < 0,05$ ) higher compared to regular test-trees „0“ and „02“, however in 2013 plantings significant differences were not observed ( $p > 0,05$ ). Needle retention comparisons between the descendants came out to be marginal and in often cases insignificant ( $p > 0,05$ ).

While assessing the impact of test areas to the spread of the pathogen, significant ( $p < 0,05$ ) effect of the test area was found in majority of the cases. For example, assessing pathogens like *Lophodermium seeditiosum* and *Dothistroma septosporum* on last year needles – meaningful hypothesis was accepted that the presence of pathogens on the progeny plants depended on the test area.

Analysis also showed the impact of needle and shoot diseases to the height growth and foliage retention of progeny plants. For example, effect of the pathogen *Lophodermium seeditiosum* was found statistically significant ( $p < 0,05$ ) to the height growth of both year plantings. Family of the progeny plants was statistically significant to the spread of the disease only in case of *Lophodermium seeditiosum*, while assessing other pathogens significant impact was not found ( $p > 0,05$ ).

As a result of climate change so far overlooked pathogens may endanger Estonia and there is likelihood that already present pathogenic epidemics can occur more often. Considering that, it is strongly suggested that pathological assessments within test areas would continue with at least same interval as growth rates are measured. It is likely that these kind of assessments will help future selection of faster growing- and more resistant trees.

**LISAD**

**Lisa 1.** 2012. ja 2013. aastal istutatud kloonide järglaste andmestik (Maaten *et al.* 2016)

**2012.a kevadel istutatud 57 kloonijärglaste päritoluplusspuude andmestik**

Riiklik register	MM kohalik register	Valimise aasta	Metsakond end.	Metsamajand end.	KV nr end.	KV nr 2012.a	ER nr	Puuliik	Koordinaadid		Puu			Päritolu- seemla
	A4										kõrgus m	diam. cm	võrre aegus m	
25	E2	1972	Otepää	Aakre	453	OP053	24	MA	58.07939	26.42612	34,7	52	23,2	Sõmerpalu
26	E3	1972	Pikasilta	Elva	PS018	PS018	9	MA			33,7	47	24,1	Sõmerpalu
28	E5	1972	Kuuste	Kastre	QT116	QT116	14	MA	58.22662	26.81788	39,5	0 = 170	27,3	Sõmerpalu
32	E10	1972	Kuuste	Kastre	QT028	QT028	16	MA	58.25776	26.80863	38,7	0 = 161	24,9	Sõmerpalu
34	E12	1972	Pikasilta	Elva	PS018	PS018	9	MA	58.15166	26.12736	34,8	0=173	22,8	Sõmerpalu
36	E14	1972	Pikasilta	Elva	PS019	PS019	1	MA	58.15258	26.13202	35,9	40	24	Sõmerpalu
37	E15	1972	Kuuste	Kastre	QT028	QT028	16	MA			32,3	46/47	20,4	Sõmerpalu
38	E16	1972	Kuuste	Kastre	QT026	QT026	5	MA	58.26295	26.81428	33	43	21,5	Sõmerpalu
43	E21	1972	Kildjõe	Kildjõe	136	KJ136	3	MA			38,2	44/45	25,3	Sõmerpalu
44	E22	1972	Kildjõe	Kildjõe	136	KJ136	3	MA			33,8	40/41	22,1	Sõmerpalu
46	E25	1972	Kildjõe	eramaa				MA			29,6	33/36	21,1	Sõmerpalu
60	E40							MA						Sõmerpalu
61	E41	1972	Ahja	Kildjõe	232	AH032	6	MA			32,7	33/35	20,5	Sõmerpalu
62	E42	1972	Ahja	Kildjõe	232	AH032	6	MA			35,7	37/38	24,8	Sõmerpalu
64	E44	1972	Ahja	Kildjõe	356	AH156	4	MA			36,6	36	20	Sõmerpalu
495	E62	1987	Konguta		44		8	MA			33,5	39		Sõmerpalu
284	V6	1972	Aakre	Aakre	205	AA205	1	MA			29	39/41	20,7	Sõmerpalu
285	V7	1972	Aakre	Aakre	205	AA205	1	MA			33,2	35/36	23,5	Sõmerpalu
286	V8	1972	Aakre	Aakre	205	AA205	1	MA			32,7	39/41	20,7	Sõmerpalu
289	V11	1972	Aakre	Aakre	205	AA205	1	MA			30,9	40	22,8	Sõmerpalu
253	T1							MA						Sõmerpalu
254	T2	1972	Saare	Haliku	380	HL380	1	MA	58.3962	26.57704	34,3	48/49	23,4	Sõmerpalu
262	T19	1972	Haliku	Haliku	234	HL234	4	MA			30,2	30/31	21,2	Sõmerpalu
263	T20	1972	Haliku	Haliku	234	HL234	4	MA	58.44031	26.55615	33,8	36/37	22,7	Sõmerpalu
	T23							MA						Sõmerpalu
121	P3	1964	Surju	Surju	246		9	MA			30,3	39	24,4	Kuressaare
126	P10							MA						Kuressaare
132	P16	1972	Vändra	Vändra	265	VD265	23	MA	58.402964	25.12396	28,6	38	19,5	Sõmerpalu
185	R19	1964	Räpina	Räpina	164	RP164	33	MA			42,1	46/47	31,2	Sõmerpalu
114	K4							MA						Sõmerpalu
117	K7							MA						Sõmerpalu
486	K13	1985	Lohusuu		75		8	MA			32,5	32		Kuressaare
	K16							MA						Kuressaare
96	KN16	1972	Massi	Lodja	187		22	MA			29	43	12,5	Sõmerpalu
	JV15							MA						Sõmerpalu
77	JM10							MA						Sõmerpalu
79	JM12							MA						Sõmerpalu
320	VL10	1964	Vanaveski	Soomaa	146		21	MA			28,2	28	19,3	Sõmerpalu
324	VR9	1964	Antsla		146		12	MA						Sõmerpalu
333	VR20	1972	Antsla	Antsla	203	AS203	1	MA			26,1	27/28	19,9	Sõmerpalu
334	VR21	1964	Antsla	Antsla	203	AS203	1	MA	57.405688	26.294842	31	30	21,5	Sõmerpalu
364	VR33	1972	Vastseliina	Misso	VS 142	VS 142	12	MA			32,9	40/42	22,4	Sõmerpalu
350	VR46	1972	Antsla	Antsla	203	AS203	1	MA	57.40555	26.29525	29,7	33/34	19,4	Sõmerpalu
351	VR53							MA						Sõmerpalu
	TD18							MA						Sõmerpalu
325	VR10	1964	Antsla	Antsla	146	AS146	12	MA			29,5	26	21	Sõmerpalu
467	RP25	1985	Vigala		87		4	MA			26	33		Kuressaare
239	S9							MA						Kuressaare
248	S21	1965	Kihelkonna		106		9	MA			26,5	39		Kuressaare
3	AV3	1972	Valgejõe	Sagadi	VAL 67	VAL 67	19	MA			29,7	38/38	18,5	Kullenga
6	AV107							MA						Kullenga
8	AV167							MA						Kullenga
9	AL1	1972	Kauksi	Isaku	KU 012	KU012	13	MA			30,3	16	47	Kullenga
11		1972	Isaku	Isaku	II 058	II 058	4	MA			32,5	32	23,5	Kullenga
14		1972	Tudulinna	Isaku	TL 071	TL 071	13	MA			31,8	35/36	22,3	Kullenga
23	AL17	1972	Tudulinna	Isaku	TL 071	TL 071	13	MA			32,7	38/39	23,6	Kullenga

Klooni tähisena on kasutatud plusspuu valimisaege metsamajandi registri järgi antud numbrit. Kui plusspuu kohta kohaliku metsamajandi registrinumber ei ole teada, siis on kasutatud riikliku registri numbrit. Lisaks istutati kolm 0 ehk võrdlustaime iga katsebloki kohta.



## 2013.a kevadel istutatud 72 kloonijärglase päritoluplusspuude andmestik

MM kohalik regiister	Riiklik regiister	Võtmise aasta	Metsakond end.	Metsandik	KV nr end	KV nr täname	ER nr	Puuliik	Koordinaadid	Kõrgus m	Puu diam. cm	võra	Päritolu- seemla	
AL-7	13	1972	Kivimõnne		143	148	21	mänd		27	28	9	Kullenga	
AL-9	15	1972	Tudulinna		53	ERA	17	mänd		27	32	16	Kullenga	
AL-13	19	1964	Pagari		158		1	mänd		32,5	40	10,5	Kullenga	
E-12	34	1972	Pikasilla		18	618	4	mänd		31	42	10	Kullenga	
JM-5	75	1972	Türi		215	TY219-11	9	mänd		24	27	10	Kullenga	
103	561	2012	Põlvamaa			OR061	8	mänd	57.8906972	27.4097	30	36	19,3	plusspuu metsas
580	588	2012	Põlvamaa			OR184	2	mänd	57.83671	27.50054	31,5	33	21,8	plusspuu metsas
736	664	2012	Võrumaa			RG096	9	mänd	57.70773	26.797072	32,2	41,5	22,0	plusspuu metsas
A2			Isaku		58		7	mänd		31	29	20,5	Sõmerpalu	
E4	27	1972	Pikasilla		18	618-9	4	mänd		30	44	12	Kullenga	
E5	28	1972	Kuuste	Kastre	QT116	QT116	14	mänd	58.22662	26.81788	39,5	0 = 170	27,3	Sõmerpalu
E7	30	1972	Otepää	Aakre	57	444-19	20	mänd		32	34	15	Kullenga	
E8	31	1972	Otepää	Aakre	57	444-20	20	mänd		28	36	15	Kullenga	
E11	33	1972	Pikasilla	Elva	19	619-6	6	mänd		30	36	12	Kullenga	
E20	42	1972	Kuuste	Kastre	24		8	mänd		30,5	35	11	Sõmerpalu	
E24	45	1972	Kiidjärve		135		6	mänd		28,5	36	10	Sõmerpalu	
E32	53	1972	Kiidjärve		97	114-25	20	mänd		27	27	17	Kullenga	
E43	63	1972	Ahja	Kiidjärve	32	232-6	9	mänd		30	28	15	Sõmerpalu	
E45	65	1972	Ahja	Kiidjärve	156	356-4	6	mänd		30	26	16	Sõmerpalu	
E58								mänd					Sõmerpalu	
E63	496	1987	Konguta		44		8	mänd		32	44		Sõmerpalu	
E64	497	1987	Konguta		40		10	mänd		30,3	38		Sõmerpalu	
J1			Järvelja	Selgärve	274		0	mänd		36	34,5		Kullenga	
J5			Järvelja	Selgärve	288		a	mänd		27	30		Kullenga	
J8								mänd					Kullenga	
J10								mänd					Kullenga	
J11								mänd					Sõmerpalu	
JM18	436		Nõmme		57		8	mänd		27,5	23	16	Sõmerpalu	
K5	115		Kaarepera		143		11	mänd		26	40	16	Kullenga	
KJ1	100		Oru		37		2	mänd		28	42	16	Kullenga	
KJ2	101		Oru		37		2	mänd		29,5	45	18	Kullenga	
KJ5	103		Kuremäe	Ahtme	4	308-13	8	mänd		26,6	31	12	Kullenga	
KJ7	104		Ahtme		164		7	mänd		24,8	36	14	Kullenga	
KN27	452		Orajõe					mänd					Kullenga	
R110	441		Väimela		97		3	mänd		27	30	15	Kullenga	
R113	442		Põlva		24		5	mänd		29,5	34,5	19	Kullenga	
RP29								mänd					Kullenga	
RV1								mänd					Kullenga	
RV5	133		Roela	Trilgi	104	300-20	20	mänd		26	36	16	Sõmerpalu	
RV13								mänd					Kullenga	
RV14	44	1964			108		9	mänd					Kullenga	
RV16	139		Roela		104	20		mänd		24	25	10	Kullenga	
RV28	147		Vihula		71	6		mänd		22,5	34	10	Kullenga	
RV29	148		Vihula		71	6		mänd		19,5	32	9	Kullenga	
RV37	156		Vihula		79	20		mänd		23	30	8,5	Kullenga	
RV38	157		Vihula		79	20		mänd		24	27	9,5	Kullenga	
RV39	158		Vihula		79	20		mänd		24	30	15	Kullenga	
RV41	160		Loobu		28	9		mänd		21	23	14	Kullenga	
RV47	166		Roela		124	1		mänd		29	36	14,5	Kullenga	
RV48	167		Roela		121	12		mänd		28	32	10	Kullenga	
RV49	168		Roela		121	12		mänd		26	39	11	Kullenga	
RV52	171		Põlula		68	19		mänd		28	32	14	Kullenga	
RV53	172		Põlula		68	19		mänd		28	36	13	Kullenga	
RV54								mänd					Kullenga	
RV113	x							mänd					Kullenga	
T1	253		Saare		69	4		mänd		24	28	14	Sõmerpalu	
T7	x							mänd					Sõmerpalu	
T18	261		Halliku		51	3		mänd		31	32	22	Kullenga	
T22	265		Halliku		51	3		mänd		28	28	17	Sõmerpalu	
T27	390		Halliku		51	3		mänd		26,5	34	16	Kullenga	
T34	271		Saare		108	2		mänd		23	22	13	Kullenga	
TD10	278	1972	Paasvere					mänd		31	44	18	Kullenga	
TD11	x							mänd					Kullenga	
TD16	x							mänd					Kullenga	
TL1	461		Kloostri		54		5	mänd					Kullenga	
TL3	463		Kloostri		51		5	mänd					Kullenga	
V3	281	1972	Aakre	Aakre	205	AA205	1	mänd		34,4	46/48	22,1	Sõmerpalu	
V33	423		Aakre		57		1	mänd		31,5	26	21,5	Sõmerpalu	
VL3	315	1964	Tarvastu		95		3	mänd		29	35	17	Kullenga	
VR9	324	1964	Antsla		146		12	mänd		25	23	21	Sõmerpalu	
VR53	351	1972	Antsla		203		1	mänd		29	31	22	Sõmerpalu	
VR60	358	1972	Antsla		60		2	mänd		28	30	21	Kullenga	

2013. aastal istutati 65 seemla päritolu, 3 uue plusspuu järglast ning kloonide E5, T1, VR9 ja VR53 järglased istutati mõlemal aastal, et oleks erinevate aastate istutusi võimalik võrrelda. Lisaks istutati kolm 0 ehk võrdlustaime iga katsebloki kohta.

**Lisa 2.** Katsealadele lähimate ranniku- ja meteoroloogiajaamade kliimanäitajad kalendrikuudel Mai-August (EMHI kliimakaardid 2017)

Nohipalo	Võru meteoroloogiajaam			
	Sademed	Sademed	Temp, kesk	Temp kesk
Aasta	2015	2016	2015	2016
Mõõdühik	mm	mm	°C	°C
Mai	58	3	11,3	14,2
Juuni	40	153	15,3	16,7
Juuli	107	101	16,6	18,7
August	41	161	17,4	16,6
Kokku	246	418	15,15	16,55

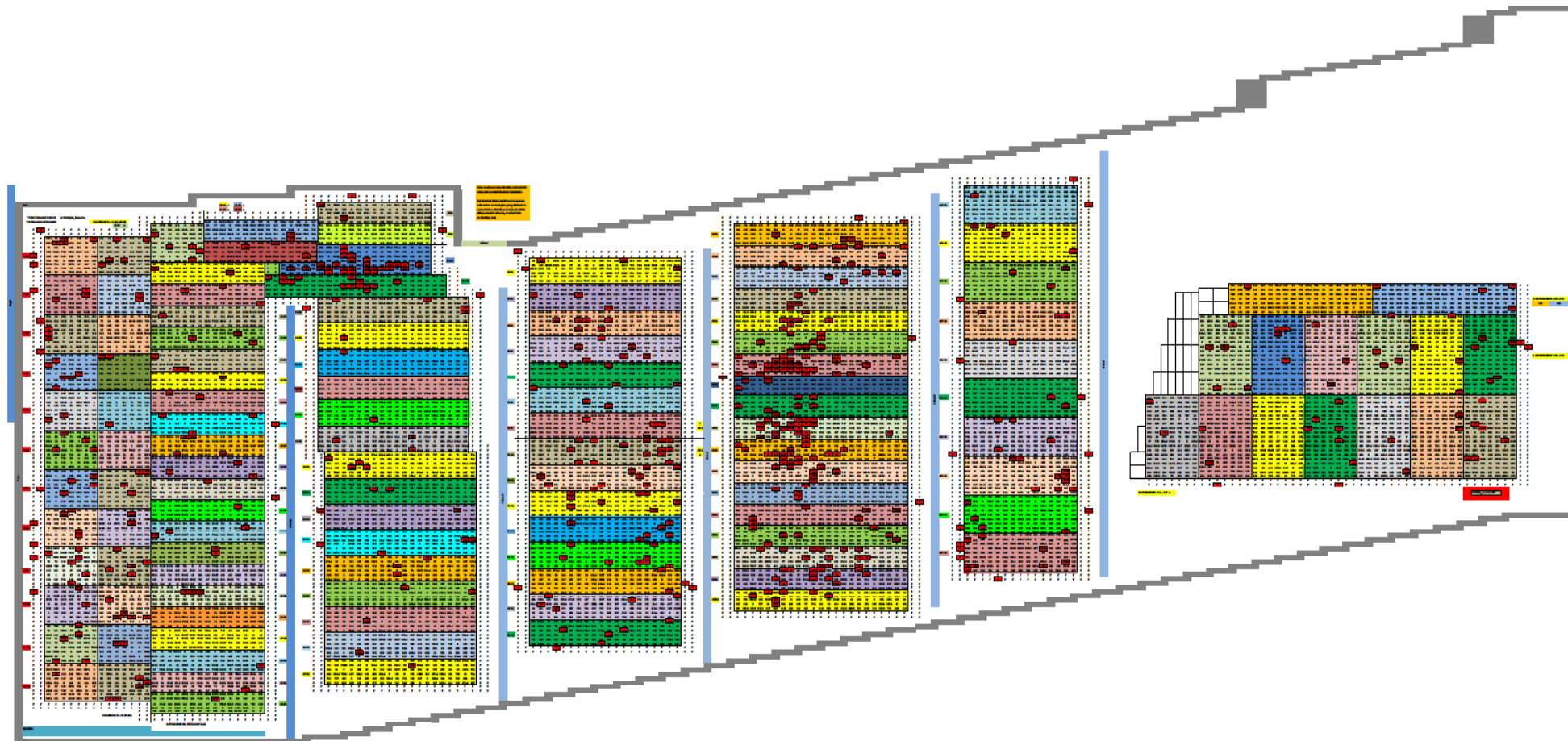
Tarumaa	Jõhvi meteoroloogiajaam			
	Sademed	Sademed	Temp, kesk	Temp kesk
Aasta	2015	2016	2015	2016
Mõõdühik	mm	mm	°C	°C
Mai	33	3	9,9	12,9
Juuni	45	125	13,8	15,4
Juuli	45	107	15,5	17,1
August	31	170	15,9	15,4
Kokku	154	405	13,8	15,2

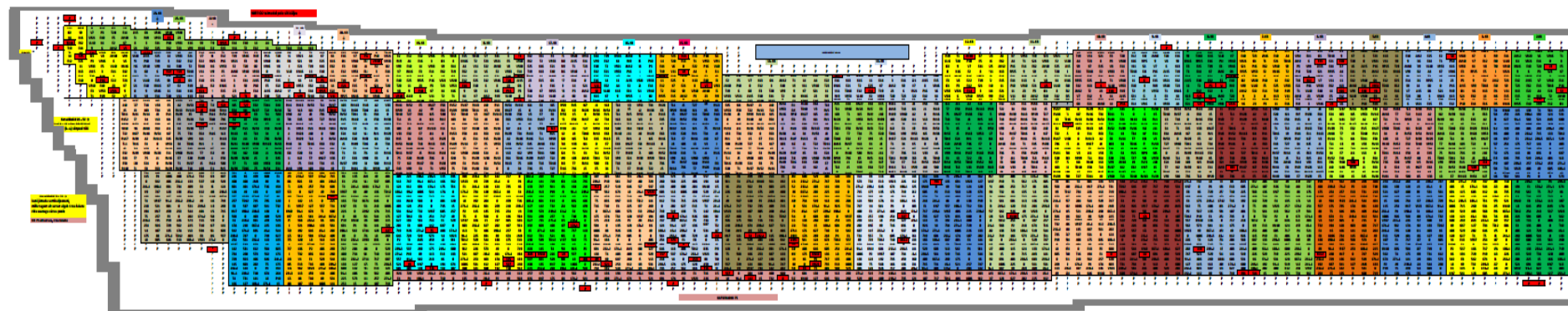
Pärnassaare	Pärnu-Sauga meteoroloogiajaam			
	Sademed	Sademed	Temp, kesk	Temp kesk
Aasta	2015	2016	2015	2016
Mõõdühik	mm	mm	°C	°C
Mai	43	36	9,9	13,7
Juuni	43	101	14	15,6
Juuli	101	55	16,1	18
August	35	155	17,2	16,3
Kokku	222	347	14,3	15,9

Mändjala	Sõrve rannikujaam			
	Sademed	Sademed	Temp, kesk	Temp kesk
Aasta	2015	2016	2015	2016
Mõõdühik	mm	mm	°C	°C
Mai	33	25	8,9	12,4
Juuni	35	70	13,4	15
Juuli	45	55	16,4	18,1
August	38	90	18,1	17
Kokku	151	240	14,2	15,6

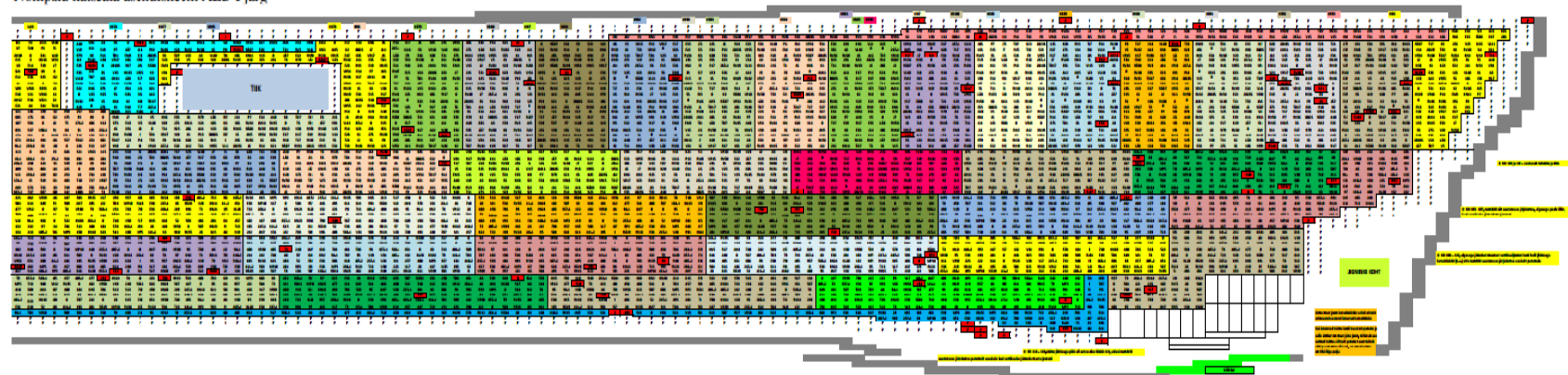
**Lisa 3.** Männi katsealade asendiskeemid 2016 aasta lõpus

Mändjala katseala asendiskeem (Maaten *et al.* 2016)



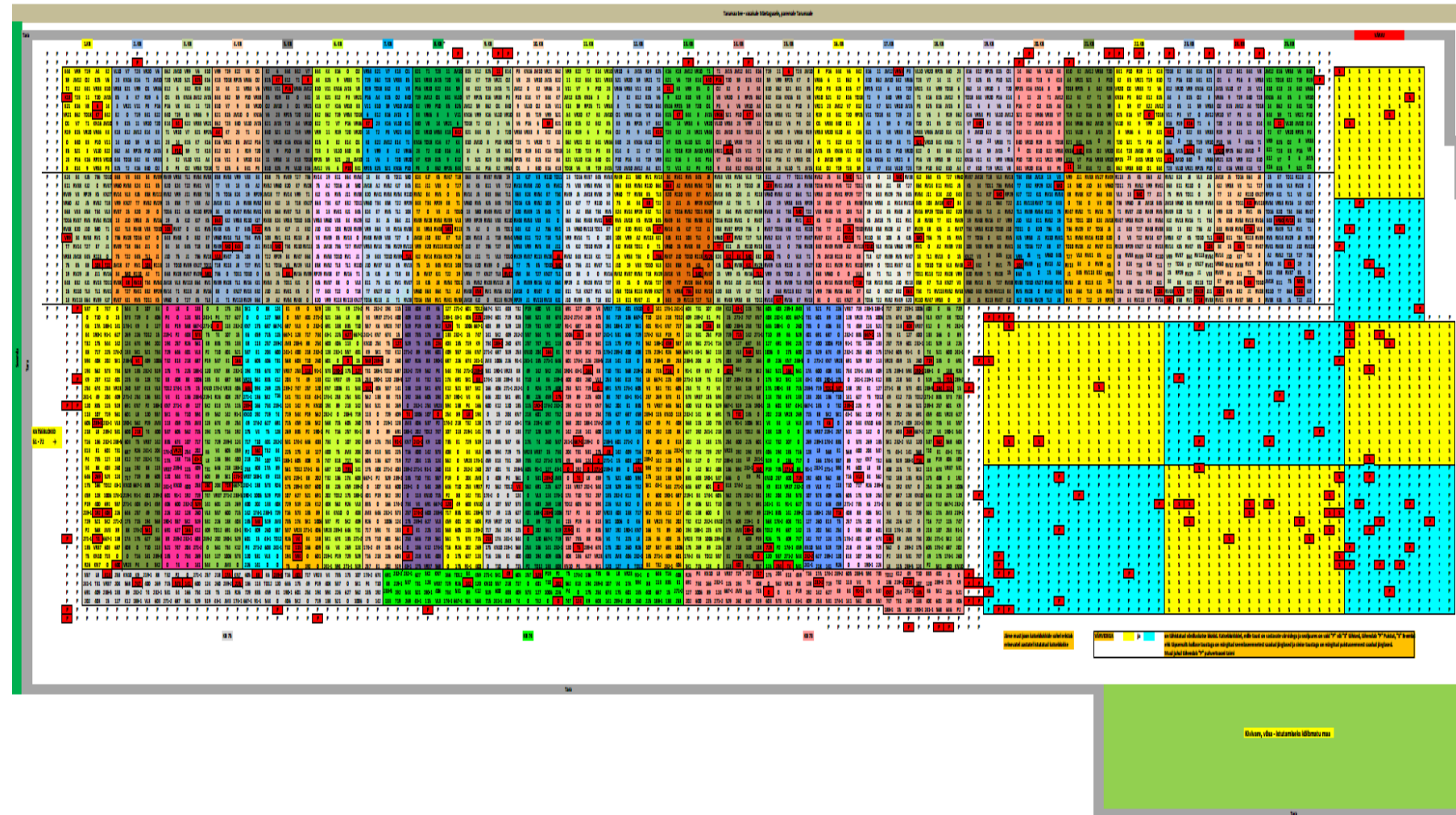


Nohipalu katseala asendiskeem AED I järg









## **LIHTLITSENTS**

Mina, Hendrik Sei,

(12/02/1993 39302122762)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö  
KÕRGUSKASV NING OKKA- JA VÕRSEHAIGUSTE HINNANG HARILIKU MÄNNI  
(*PINUS SYLVESTRIS* L.) JÄRGLASKATSEALADEL,  
mille juhendajateks on Rein Drenkhan ja Tiit Maaten,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

- 2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
- 3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

\_\_\_\_\_

allkiri

Tartu, 9.05.2017

---

### **Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)